



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 15 619 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 62 D 65/00**  
B 23 P 21/00

②1 Aktenzeichen: 198 15 619.7  
②2 Anmeldetag: 7. 4. 98  
④3 Offenlegungstag: 14. 10. 99

DE 198 15 619 A 1

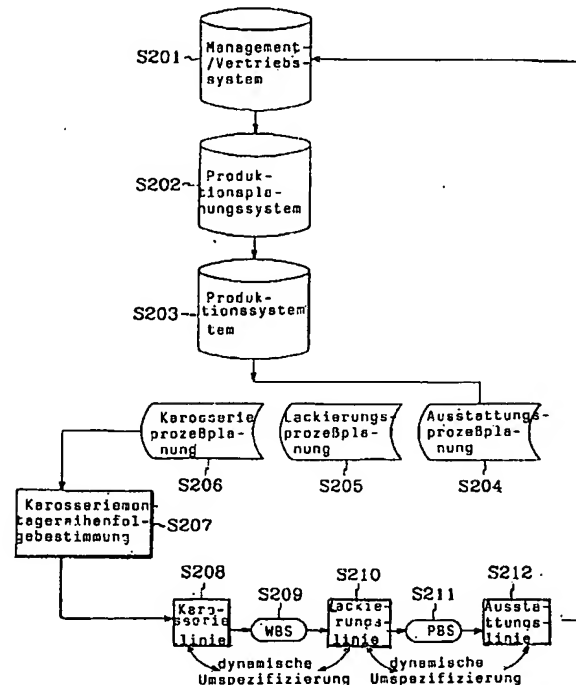
⑦1 Anmelder:  
Hyundai Motor Co., Seoul/Soul, KR  
  
⑦4 Vertreter:  
Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

⑦2 Erfinder:  
Nam, Dong-kil, Ulsan, KR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Fahrzeugmontageliniensteuersystem und -verfahren

⑤1 Fahrzeugmontagesteuersystem und -verfahren für die Fertigung von Kraftfahrzeugen. Es werden Fahrzeugmontagesteuersystem und -verfahren vom Zug-Typ geschaffen, bei dem zuerst ein Produktionsplan für einen abschließenden Montageprozeß, oder einen Ausstattungsprozeß, aufgestellt wird, und dann unter Verwendung dieses Produktionsplans als Grundlage ein Produktionsplan für einen Lackierungsprozeß, und dann derjenige für einen Fahrzeugkarosseriemontageprozeß aufgestellt werden. Informationen über das Fortschreiten der drei Hauptmontageprozesse - den Karosseriemontageprozeß, den Lackierungsprozeß und den Ausstattungsprozeß - werden gegenseitig ausgetauscht, derart, daß eine dynamische Montageprozeß-Umspezifizierung durchgeführt wird, bei der Arbeitsreihenfolgen für jeden der Prozesse fortlaufend derart eingestellt werden, daß sie an den Gesamtmontageprozeß angepaßt werden.



DE 198 15 619 A 1

Die Erfindung betrifft ein Fahrzeugmontageliniensteuersystem und -verfahren für die Herstellung von Kraftfahrzeugen.

Die Montage von Kraftfahrzeugen wird allgemein durch eine Mehrzahl von Hauptmontageprozessen – einen Karosseriemontageprozeß, einen Lackierungsprozeß, und einen Ausstattungsprozeß – sowie die Zuführung von Teilen für die Hauptmontageprozesse realisiert. Die zugeführten Teile schließen Basisteile wie den Motor oder das Getriebe und als Optionen seitens des Kunden ausgewählte Teile, wie die Stereoanlage, Typen von Sitzen etc. ein.

Bei einem derartigen Fahrzeugmontageprozeß ist es ideal, die zu montierenden Fahrzeuge nach einem festgelegten Muster verteilt (für den Fahrzeugkarosserieprozeß und den Ausstattungsprozeß) oder aufeinanderfolgend (für den Lackierungsprozeß) aufzureihen. Die Fertigungseffizienz kann bei dem Fahrzeugkarosserieprozeß und dem Ausstattungsprozeß erheblich gesteigert werden, indem die Fahrzeuge zum Hindurchführen durch den Montageprozeß in einem Wechselsmuster aufgereiht werden, in dem unterschiedliche Typen einander abwechselnd angeordnet sind. Falls z. B. die Fahrzeuge in einem Wechselsmuster angeordnet sind, bei dem Fahrzeuge der Typen A und B einander abwechseln, wobei für die Fahrzeuge vom Typ A die Montage von Automatikgetrieben und für die Fahrzeuge vom Typ B die Montage von manuellen Getrieben vorgesehen ist, können die Automatikgetriebe- und die Handgetriebe-Montagestationen gleichzeitig arbeiten, wenn die Fahrzeuge die Montagelinie durchlaufen. Falls jedoch die Fahrzeuge in einem Muster A, A, A, B, B ... angeordnet sind, wird zunächst die Automatikgetriebe-Montagestation überlastet sein, während die Handgetriebe-Montagestation untätig bleibt, und dann umgekehrt, wenn die Fahrzeuge vom Typ B durch die Montagelinie durchgeführt werden. Die Aufreihung von Fahrzeugen für den Montageprozeß auf eine verteilende Weise wird allgemein als Gleichverteilung (leveling) bezeichnet.

Andererseits sollen Fahrzeuge, die die gleiche Lackfarbe und/oder das gleiche Lackdesign erhalten sollen, zusammen gruppiert werden und für den Lackierungsprozeß aufeinanderfolgend aufgereiht werden. Dadurch wird die Häufigkeit verringert, mit der die Lackierungsdüsen für den üblicherweise vollautomatisierten Lackierungsprozeß, gereinigt werden müssen. Infolgedessen werden die zeitaufwendigen und kostenintensiven Lackierungsdüsen-Reinigungsprozesse verringert.

Bei derartigen Fahrzeugmontageliniensteuersystemen gemäß dem Stand der Technik laufen für die drei Hauptmontageprozesse die jeweiligen Aufreihungen der Fahrzeuge, mit denen die Fertigungseffizienz erhöht werden kann, einander zuwider. Das Anordnen der Fahrzeuge in einer Reihenfolge, bei der die Fertigungseffizienz für den Fahrzeugkarosserie-montageprozeß maximiert wird, ist normalerweise für den Lackierungsprozeß ineffizient, und eine Reihenfolge, die für den Lackierungsprozeß ideal ist, ist ungeeignet für den Ausstattungsprozeß. Falls z. B. die Fahrzeuge derart angeordnet sind, daß Fahrzeuge, die die gleiche Lackfarbe und/oder das gleiche Lackdesign erhalten sollen, die Montagelinie aufeinanderfolgend durchlaufen, wird die Fertigungseffizienz für den Fahrzeugkarosseriemontageprozeß und den Ausstattungsprozeß drastisch herabgesetzt.

Gemäß dem Stand der Technik wurden verschiedene Fahrzeugmontagesysteme und -verfahren entwickelt, um diese Probleme auszuräumen. Es wird auf die Fig. 9 und 10 Bezug genommen. Aus Fig. 9 ist ein Flußdiagramm eines Fahrzeugmontageverfahrens gemäß dem Stand der Technik

und aus Fig. 10 eine Prinzipdarstellung eines Fahrzeugmontagesystems gemäß dem Stand der Technik ersichtlich, bei dem das aus Fig. 9 ersichtliche Verfahren ausgeführt wird.

Bei dem Fahrzeugmontageverfahren gemäß dem Stand der Technik empfängt ein Hostcomputersystem zunächst in Schritt S1 Fahrzeugproduktionsbestellungen über ein Organisations- und Vertriebsnetzwerk. In Schritt S2 wird dann entsprechend den Produktionsbestellungen ein Tagesfertigungsplan aufgestellt und an ein Produktionsplanungssystem übermittelt. In Schritt S3 gibt ein Hauptcomputer des Produktionsplanungssystems dann entsprechend dem Tagesproduktionsplan Bestellungen für die erforderlichen Materialien und Teile auf.

Danach wird in Schritt S4 unter Verwendung des Tagesproduktionsplanes als Basis ein Fahrzeugkarosseriefertigungsplan aufgestellt, in Schritt S5 eine Fahrzeugkarosserie-Montagereihenfolge erstellt und in Schritt S6 werden die Fahrzeugkarosserien durch Metallpressen, Schweißen und andere Arbeitsabläufe zusammengebaut. Bei dem Schritt des Bestimmens der Fahrzeugkarosserie-Montagereihenfolge wird eine Gleichverteilung durchgeführt, um die Fertigungseffizienz zu erhöhen. Während des Montierens der Fahrzeugkarosserien in Schritt 6 werden außerdem Fahrzeuge, bei denen Defekte entdeckt werden, zeitweise aus der Montagelinie entfernt, nachgebessert und wieder zurück in die Montagelinie eingeführt.

Dann werden in Schritt S7 fertiggestellte Karosserien zeitweise in einem Rohkarossenspeicher angeordnet. In dem Rohkarossenspeicher werden dann die fertiggestellten Karosserien in einer für den Lackierungsprozeß idealen Reihenfolge neu aufgereiht. Das heißt, die Karosserien werden derart zusammengruppiert, daß solche, für die die gleiche Lackfarbe und/oder das gleiche Lackdesign vorgesehen ist, aufeinanderfolgend durch den Lackierungsprozeß durchgeführt werden.

Innerhalb des Lackierungsprozesses durchlaufen die Karosserien zuerst einen Wasserdichtmach- und Unterlackierungsprozeß, und werden dann in den Farben und/oder Designs gemäß dem Produktionsplan lackiert. Beim Lackieren von Fahrzeugen ist es heute übliche Praxis, den Lackierungsprozeß unter Verwendung von Robotertechnologien durchzuführen. Wegen der hohen Kosten der Maschinenausrüstung verwenden die meisten Fahrzeugmontagelinien normalerweise ein einziges Robotersystem. Infolgedessen müssen die Lackierdüsen gereinigt werden, bevor eine neue Lackfarbe eingeführt wird. Deshalb wird für die Karosserien in dem Rohkarossenspeicher oder während des Lackierungsprozesses, wie oben beschrieben, ein Farbgruppierungsprozeß derart vorgenommen, daß eine Gruppe von aufeinanderfolgenden Karosserien mit der gleichen Lackfarbe lackiert werden kann, um die Häufigkeit, mit der die Lackierdüsen gereinigt werden müssen, minimiert wird. Ferner werden bei dem Lackierungsprozeß ebenso wie bei dem Karosseriemontageprozeß Fahrzeuge, bei denen Defekte gefunden werden, aus der Montagelinie entfernt, ausgebessert, und dann in den Montageprozeß zurückgeführt.

Nach dem Lackierungsprozeß in Schritt S8 werden die Fahrzeuge in einem Farbkarossenspeicher angeordnet. In dem Farbkarossenspeicher werden die Karosserien in Schritt S9 nochmals neu aufgereiht, so daß sie in einer für den Ausstattungsprozeß in einer idealen Reihenfolge angeordnet sind.

Als nächstes werden in Schritt S10 Teile, die von dem Kunden gewählten Optionen entsprechen, sowie andere Teile der Endmontage an den Karosserien montiert, so daß der Ausstattungsprozeß vervollständigt wird.

Bei dem Fahrzeugmontageverfahren gemäß dem Stand der Technik ist jedoch viel Zeit erforderlich, um die Fahr-

zeuge in dem Rohkarossenspeicher und dem Farbkarosenspeicher in einer für den nachfolgenden Prozeß idealen Reihenfolge neu anzuordnen. Wenn die Fahrzeuge z. B. nach dem Karosseriemontageprozeß in dem Rohkarossenspeicher angeordnet sind, erfordert das Anordnen der Fahrzeugkarosserien in einer neuen Reihenfolge für den Lackierungsprozeß derart, daß die Fahrzeugkarosserien in Gruppen zusammengefaßt sind, die die gleiche Lackfarbe und/oder das gleiche Lackdesign erfordern, sehr viel Zeit. Dadurch wird die Fertigungseffizienz erheblich reduziert.

Dieses Problem wird durch zwei Einflußfaktoren bewirkt: 1) das Aufreihen der Fahrzeuge vor der Montage für den Karosseriemontageprozeß, in dem Rohkarossenspeicher für den Lackierungsprozeß und in dem Farbkarosenspeicher für den Ausstattungsprozeß wird jeweils derart ausgeführt, daß für den jeweiligen Prozeß ideale Bedingungen erzielt werden, jedoch ohne Erwägungen hinsichtlich des nachfolgenden Prozesses, und 2) kompliziert das Entfernen von defekten Karosserien zur Ausbesserung der Defekte während des Fahrzeugkarosserie- und des Lackierungsprozesses zusätzlich die Aufreihung.

Wenn während des Karosseriemontageprozesses und des Lackierungsprozesses wegen entdeckter Defekte Fahrzeuge aus der Montagelinie entfernt werden, können, falls nicht schnell der Defekt behoben und die Karosserie wieder in die Montagelinie eingeführt wird, oder falls das defekte Fahrzeug das letzte in der Gruppe (z. B. einer bestimmten Lackfarbe) ist, die Vorteile der Neu-Aufreihung der Fahrzeuge nicht realisiert werden. Falls in einer Anzahl aufeinanderfolgender Fahrzeuge Defekte entdeckt werden, kann dieses Problem ernste Ausmaße annehmen.

Da es nicht praktikabel ist, ausreichend physikalischen Raum für den Rohkarossenspeicher und den Farbkarosenspeicher zur Verfügung zu stellen, um vollständig deren Funktion zu erfüllen (das heißt, eine ausreichende Menge von Karosserien zu halten, um die Aufgabe des Umordnens zu bewältigen), besteht schließlich auch eine Grenze, bis zu welchem Umfang die Karosserien für die nachfolgenden Schritte umgeordnet werden können. Daher werden die Fahrzeuge häufig langsamer montiert als die aufgestellten Produktionspläne dies vorsehen.

Mit der Erfindung wird das Problem gelöst, ein Fahrzeugmontagesteuersystem und -verfahren zu schaffen, bei dem eine hohe Effizienz erreicht wird, indem der Montageprozeß dahingehend in ein Gleichgewicht gebracht wird, daß nicht einige Montageprozesse überlastet sind, wohingegen andere untätig sind, bei dem gleichzeitig aber ein einfaches Zurückführen von Fahrzeugen ermöglicht wird, die während des Montageprozesses aus der Ordnung gekommen sind, um einen vorgegebenen Produktionsplan einzuhalten.

Erfindungsgemäß wird das Problem mit einem Fahrzeugmontagesteuerverfahren gemäß den Ansprüchen 1, 13 bzw. 16 und mit einem Fahrzeugmontagesystem gemäß Anspruch 19 gelöst.

Es wird ein Fahrzeugmontagesteuersystem und -verfahren vom Zug-Typ geschaffen, bei dem zuerst ein Produktionsplan für einen letzten Montageprozeß, oder einen Ausstattungsprozeß, aufgestellt wird, und dann unter Verwendung dieses Produktionsplans als Grundlage ein Produktionsplan für einen Lackierungsprozeß, und dann derjenige für einen Fahrzeugkarosseriemontageprozeß aufgestellt werden.

Ferner werden erfindungsgemäß Informationen über das Fortschreiten der drei Hauptmontageprozesse – den Karosseriemontageprozeß, den Lackierungsprozeß und den Ausstattungsprozeß – gegenseitig ausgetauscht, derart daß eine dynamische Montageprozeß-Umspezifizierung durchgeführt wird, bei der Arbeitsreihenfolgen für jeden der Pro-

zesse fortlaufend derart angepaßt werden, daß sie an den Gesamtmontageprozeß angepaßt werden.

In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 ein Flußdiagramm, aus dem Konzepte eines erfindungsgemäßen Fahrzeugmontageprozesses vom Zug-Typ ersichtlich sind;

Fig. 2A eine Tabelle, in der Beispiele von Auftragsnummern mit Karosserietyp, Lackfarbe und Ausstattungsoption dargestellt sind;

Fig. 2B eine Tabelle, aus der Beispiele für die Zuordnung von Fahrzeugidentifikationsnummern zu Karosserietypen ersichtlich sind;

Fig. 3 ein Blockdiagramm, aus dem ein Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren vom Zug-Typ gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ersichtlich ist;

Fig. 4 ein Flußdiagramm, aus dem eine Abfolge von Fertigungsprozessen für das erfindungsgemäße Fahrzeugmontagelinien-Steuersystem vom Zug-Typ ersichtlich ist;

Fig. 5 ein Flußdiagramm eines Fahrzeugmontageverfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 6 eine Prinzipdarstellung eines erfindungsgemäßen Systems, bei dem das aus Fig. 5 ersichtliche Fahrzeugmontageverfahren ausgeführt wird;

Fig. 7 Tabellen, aus denen das erfindungsgemäße Umspezifizierungsverfahren ersichtlich ist;

Fig. 8 eine Tabelle aus der Produktivitätsverbesserungen ersichtlich sind, die durch Verwendung des erfindungsgemäßen Fahrzeugmontagelinien-Steuersystems erreicht werden;

Fig. 9 ein Flußdiagramm eines Fahrzeugmontageverfahrens gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 10 eine Prinzipdarstellung eines Fahrzeugmontagesystems gemäß dem Stand der Technik, bei dem das aus Fig. 9 ersichtliche Verfahren ausgeführt wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Zunächst werden zum besseren Verstehen des erfindungsgemäßen Fahrzeugmontageliniensteuersystems vom Zug-Typ einige grundsätzliche Konzepte erläutert.

Es wird auf Fig. 1 Bezug genommen. Das erfindungsgemäße Fahrzeugmontageliniensteuersystem vom Zug-Typ und das erfindungsgemäße Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren vom Zug-Typ begreifen alle vorhergehenden und nachfolgenden Fertigungsprozesse jeweils als Zulieferer bzw. als Kunden. D.h., falls ein Kunde, also ein nachfolgender Prozeß eine Bestellung aufgibt, kommt ein Zulieferer, also ein vorhergehender Prozeß der Bestellung nach, indem eine Fertigungsabfolge ausgeführt wird. Dieses Verfahren, Bestellungen aufzugeben und zu erfüllen, wird laufend zwischen allen Fertigungslinien über den gesamten erfindungsgemäßen Montageprozeß hinweg verwirklicht, wodurch die Fertigungseffizienz und die Wahrscheinlichkeit, Produktionsvorgabepäne einzuhalten, erhöht werden. Somit unterscheiden sich das erfindungsgemäße Montageliniensteuersystem und -verfahren vollständig von den Verfahren vom Schub-Typ gemäß dem Stand der Technik.

Üblicherweise ist zwischen vorangehenden und nachfolgenden Prozessen ein Puffer vorgesehen. Gemäß dem Stand der Technik wirkt der Puffer als ein zwischenzeitlicher Speicher und eine Neu-Aufreihungs-Zone vor dem nachfolgenden Prozeß (d. h. der Rohkarossenspeicher zwischen der Fahrzeugkarosserielinie und der Lackierungslinie und der Farbkarosenspeicher zwischen der Lackierungslinie und der Ausstattungsline). Erfindungsgemäß erfüllt der Speicher diese beiden Funktionen gemäß dem Stand der Technik zusätzlich zu dem Detektieren der Entwicklung des Montageprozesses in den vorangehenden und den nachfolgenden Prozessen.

Falls die Zulieferung von Fahrzeugkarosserien durch einen vorangehenden Prozeß von der durch einen nachfolgenden Prozeß bestellten abweicht, reiht der Puffer die Fahrzeuge neu in einer von dem nachfolgenden Prozeß angeforderte Reihenfolge auf. Dabei führt der Puffer die Neu-Aufreihungs-Funktion innerhalb eines vorgegebenen Umfangs von Fahrzeugen aus. In einer kleinen Fabrikation kann der vorgegebene Umfang z. B. auf fünf Fahrzeuge festgesetzt werden, wohingegen der Umfang in einer großen Fabrikation auf sechzig Fahrzeuge festgesetzt werden kann. Dieser Umfang der Anzahl der zu bearbeitenden Fahrzeuge wird als ein Stapel bezeichnet.

Erfindungsgemäß sind ein Farbkarossenspeicher-Stapel und ein Rohkarossenspeicher-Stapel vorgesehen, wobei der Farbkarossenspeicher-Stapel für einen als Puffer zwischen einer Ausstattungslinie und einer Lackierungslinie wirkenden Farbkarossenspeicher (PBS) und der Rohkarossenspeicher-Stapel für einen als Puffer zwischen einer Lackierungslinie und einer Fahrzeugkarosserielinie wirkenden Rohkarossenspeicher (WPS) vorgesehen ist. Die Größe des Farbkarossenspeicher-Stapels wird von der Größe des Farbkarossenspeicher bestimmt, wobei Unterschiede bei den Geschwindigkeiten, mit denen die Prozesse in der dem Farbkarossenspeicher vorangehenden und oder dem Farbkarossenspeicher nachfolgenden Linie vollendet werden, berücksichtigt werden, und wie sehr Fahrzeuge in der vorangehenden Linie hinsichtlich der Reihenfolge durcheinandergebracht werden. Eine Größe des Rohkarossenspeicher-Stapels wird unter Berücksichtigung derselben Kriterien bestimmt. Da jedoch der Farbkarossenspeicher-Stapel in der Montagelinie weiter am Ende angeordnet ist, wo die Fahrzeugkarosserien stärker in Unordnung sind, ist der Farbkarossenspeicher-Stapel normalerweise größer als der Rohkarossenspeicher-Stapel, vorzugsweise beträgt die Größe ein Mehrfaches der Größe des Rohkarossenspeicher-Stapels, damit die Fahrzeugreihenfolge einfacher wieder eingestellt werden kann. Aufgrund des erfindungsgemäßen Vorsehens derartiger Stapel-Einheiten, wird ein realistischer und wirkungsvoller Ansatz unternommen, Fahrzeuge in dem Farbkarossenspeicher und dem Rohkarossenspeicher wieder aufzureihen.

Es wird nun auf die Fig. 2A und 2B Bezug genommen, in denen Tabellen gezeigt sind, aus denen ein erfindungsgemäßes dynamisches Umspezifizierungskonzept ersichtlich ist. Während der Montage erhalten die Fahrzeuge üblicherweise eine Fahrzeugidentifikationsnummer (VIN) und eine Auftragsnummer (ORD) von einem Fertigungssystem, um ein bestimmtes Fahrzeug einer bestimmten Bestellung eines Kunden zuzuordnen. Aus Fig. 2A ist eine Tabelle hypothetischer Auftragsnummern ersichtlich, wohingegen aus Fig. 2B eine Tabelle hypothetischer Fahrzeugidentifikationsnummer ersichtlich ist.

Üblicherweise ist eine Auftragsnummer einer Fahrzeugidentifikationsnummer zugeordnet. Falls die Auftragsnummer 01 der Fahrzeugidentifikationsnummer 1 zugeordnet ist und während des Montageprozesses ein Problem bei dem Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 1 auftritt, wird es problematisch, die Auftragsnummer 01 wie geplant fertigzustellen. Bei Verwendung des erfindungsgemäßen dynamischen Umspezifizierungsverfahrens werden jedoch Fertigstellungsfristen für Auftragsnummern dahingehend berücksichtigt, daß die Aufreihung der Fahrzeuge in den Puffern beeinflusst wird. D.h., erfindungsgemäß schließt die Neu-Aufreihung der Fahrzeuge das Austauschen von Auftragsnummern zwischen gleichen Fahrzeugen zum Vorbeireiten der Reihenfolge der Fahrzeuge für die nachfolgende Linie mit ein.

Es wird nun auf Fig. 3 Bezug genommen, aus der eine Prinzipdarstellung des Fahrzeugmontageliniensteuersystem

vom Zug-Typ gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ersichtlich ist. Das erfindungsgemäße Fahrzeugmontageliniensteuersystem vom Zug-Typ weist ein Hostcomputersystem 100, das an Organisations-, Produktions- und Vertriebsrechnernetze angeschlossen ist und diese steuert, ein Produktionsmanagementsteuersystem 200, das alle Fertigungsprozesse steuert, ein Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210, ein Lackierungslinien-Untersteuersystem 220, ein Fahrzeugkarosserielinien-Untersteuersystem 230, ein Zufuhr-Reihenfolge-Untersteuersystem 231, eine Fahrzeugkarosserielinie 232, eine Lackierungslinie 234, eine Ausstattungslinie 213, ein dynamisches Farben-Umspezifizierungs-Steuersystem 221, einen Rohkarossenspeicher 222, ein Unterlackierungs-Steuersystem 223, ein Farbengruppierungs-Steuersystem 224 und ein dynamisches Ausstattungs-Umspezifizierungssteuersystem 211.

Das Hostcomputersystem 100 empfängt Bestellungen von dem Organisations- und dem Vertriebsnetzwerk und stellt dann entsprechend den empfangenen Bestellungen Tages- und Wochenproduktionspläne auf.

Das Produktionsmanagement-Steuersystem 200 stellt den von dem Hostcomputersystem 100 aufgestellten Tages- und Wochenproduktionsplänen entsprechende detaillierte Produktionspläne auf, steuert das Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210, das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 und das Karosserielinien-Untersteuersystem 230 und empfängt Informationen über die Produktionsfortschritte jedes der drei Hauptmontageprozesse – Fahrzeugkarosserie, Lackierung und Ausstattung – von dem Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210, dem Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 und dem Karosserielinien-Untersteuersystem 230.

Das Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 schafft unter Verwendung des von dem Produktionsmanagement-Steuersystem 200 aufgestellten detaillierten Produktionsplanes einen Fertigungsreihenfolgeplan für die Ausstattungs-montage gemäß dem Fahrzeugtyp und den Bauteiloptionen. Falls Probleme auftreten, die eine Behinderung für die Fertigung darstellen, wie Fehlfunktionen der Produktionsausrüstung oder Defekte, die in Fahrzeugen entdeckt werden, die die Montage in der Fahrzeugkarosserielinie 232 oder der Lackierungslinie 234 durchlaufen, werden hier entsprechende Informationen von dem Karosserielinien-Untersteuersystem 230 und dem Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 empfangen, so daß das Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 den Fertigungsreihenfolgeplan für die Ausstattungs-montage neu aufstellt.

Das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 stellt einen Fertigungsreihenfolgeplan für den Lackierungsprozeß gemäß dem Fahrzeugtyp, Bestellungen etc. derart auf, daß dieser auf den von dem Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 aufgestellten Fertigungsreihenfolgeplan für die Ausstattungs-montage abgestimmt ist. Ferner steuert das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 die in der Lackierungslinie 234 ausgeführten Prozesse.

Das Karosserielinien-Untersteuersystem 230 stellt unter Berücksichtigung des von dem Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 erzeugten Fertigungsreihenfolgeplans einen Fertigungsreihenfolgeplan für die Karosseriemontage auf.

Wie oben beschrieben, werden die Produktionspläne beginnend mit dem letzten Prozeß, oder dem Ausstattungsprozeß, durch das Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210, dann unter dessen Verwendung als Grundlage durch das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 und schließlich durch das Karosserielinien-Untersteuersystem 230 aufgestellt. Ferner sind in jedem der Produktionspläne Stapel vorgesehen, wobei die Größe der Stapel durch die Gesamtgröße

der Montagelinie bestimmt sind.

Das Zufuhrreihenfolge-Untersteuersystem 231 bestimmt eine Reihenfolge, in der die Fahrzeuge über die Fahrzeugkarosserielinie 232 entsprechend der Steuerung des Karosserielinien-Untersteuersystems 230 zugeführt werden.

In der Fahrzeugkarosserielinie 232 wird Metall gepreßt und das gepreßte Metall wird geschweißt, so daß entsprechend der Steuerung des Zufuhrreihenfolge-Untersteuersystems 231 Fahrzeugkarosserien zusammenmontiert werden. Falls während dieses Prozesses Defekte detektiert werden, werden die Fahrzeugkarosserien oder Teile davon von der Fahrzeugkarosserielinie 232 entfernt, die Defekte werden behoben und dann werden die Teile oder die Karosserien in einer geeigneten Reihenfolge wieder in die Fahrzeugkarosserielinie eingeschleust.

Fertiggestellte Fahrzeugkarosserien treten von der Fahrzeugkarosserielinie 232 in den RohkarosSENSpeicher 222 ein, wo die Fahrzeugkarosserien zwischenzeitlich bleiben, und neu aufgereiht werden in einer für die Lackierungslinie 234 geeigneten Reihenfolge. D.h. das dynamische Farben-Umspezifizierungs-Steuersystem 221 reiht die Fahrzeugkarosserien, die in der Fahrzeugkarosserielinie 232 infolge des Entnehmens zum Beheben von Defekten durcheinandergebracht worden sind, wieder auf.

Als nächstes treten die Fahrzeugkarosserien in die Lackierungslinie 234 ein und erhalten Wasserschutz- und Unterbodenschutzlack mittels Steuerung von dem Unterlackierungs-Steuersystem 223. Dann werden sie mittels des dynamischen Farben-Umspezifizierungs-Steuersystems 221 mit Abständen zwischen den Gruppen in geeigneten Einheiten von Fahrzeugkarosserien gruppiert, die die gleiche Lackfarbe und/oder das gleiche Design erhalten. Die Fahrzeugkarosserien werden anschließend in der Lackierungslinie 234 lackiert.

Nach dem Lackierungsprozeß treten lackierte Fahrzeuge in den FarbkarosSENSpeicher 212 ein. Dort reiht das dynamische Ausstattungs-Umspezifizierungs-Steuersystem 211 die Fahrzeuge, die in der Lackierungslinie 234 infolge des Entnehmens zum Beheben von Defekten durcheinandergebracht worden sind, in einer für die Ausstattungslinie 213 geeigneten und in dem Produktionsplan vorgesehenen Reihenfolge wieder auf. Als nächstes treten die Fahrzeuge in die Ausstattungslinie 213 ein, in der von dem Verbraucher als Optionen gewählte Teile an den Fahrzeugkarosserien montiert werden, wodurch der Fahrzeugmontageprozeß vervollständigt wird.

Bevor Fahrzeuge in den RohkarosSENSpeicher 222 eintreten, tauschen das Karosserielinien-Untersteuersystem 230 und das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 detaillierte Informationen aus, die verwendet werden, um die Fahrzeuge, die in der Fahrzeugkarosserielinie 232 infolge detektierter Defekte und infolge mechanischer Probleme beim Montageprozeß durcheinandergebracht worden sind, in einer für die Lackierungslinie 234 geeigneten Reihenfolge neu aufzureihen. Hierbei werden die Fahrzeuge nicht physikalisch in eine Reihenfolge für die Lackierungslinie 234 bewegt, sondern es werden vielmehr mittels des dynamischen Umspezifizierungsverfahrens Auftragsnummern der Fahrzeuge auf Fahrzeuge mit passenden Spezifikationen umgewechselt. D.h., Fahrzeuge werden mit neuen Auftragsnummern umkennzeichnet bzw. umspezifiziert, so daß der Produktionsplan aufrechterhalten werden kann.

Bevor die Fahrzeuge in den FarbkarosSENSpeicher 212 eintreten, tauschen in ähnlicher Weise das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 und das Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 detaillierte Informationen aus, die verwendet werden, um die Fahrzeuge, die in der Lackierungslinie 234 infolge detektierter Defekte und infolge me-

chanischer Probleme beim Montageprozeß durcheinandergebracht worden sind, in einer für die Ausstattungslinie 213 geeigneten Reihenfolge neu aufzureihen. Wie oben werden mittels des dynamischen Umspezifizierungsverfahrens einige der Fahrzeuge derart neu gekennzeichnet bzw. umspezifiziert, daß Auftragsnummern zwischen Fahrzeugen mit den gleichen Spezifikationen ausgetauscht werden, wodurch es erreicht wird, daß Fahrzeuge gemäß dem Produktionsplan fertigmontiert werden können.

Es folgt eine Zusammenfassung der Aufstellung des Fertigungsreihenfolgeplans und der Ausführung der Montageprozesse für das erfindungsgemäße Fahrzeugmontageliniensteuersystem vom Zug-Typ. Zuerst werden detaillierte Informationen der zu fertigenden Fahrzeuge ausgewertet. Dann wird der Produktionsplan für den letzten Fertigungsprozeß, oder die Ausstattungslinie, aufgestellt. Unter Verwendung dieses Produktionsplanes als Grundlage wird der Produktionsplan für die Lackierungslinie aufgestellt, dann wird der Produktionsplan für die Fahrzeugkarosserielinie bestimmt. Auf diese Weise wird ein täglicher Produktionsplan erstellt, gemäß dem die Fahrzeuge montiert werden. Nach den Fahrzeugkarosserie- und den Lackierungsprozessen werden die Fahrzeuge unter Anwendung des dynamischen Umspezifizierungsverfahrens für den jeweils nachfolgenden Prozeß neu aufgereiht.

Es wird auf Fig. 4 Bezug genommen, die ein Flußdiagramm zeigt, aus dem eine Abfolge von Fertigungsprozessen für das erfindungsgemäße Fahrzeugmontageliniensteuersystem vom Zug-Typ ersichtlich ist. Zuerst gliedert das Hostcomputersystem 100 in Schritt S101 Fahrzeugbestellungen betreffende Informationen, die von verschiedenen Computernetzwerken empfangen werden, ein und erstellt eine Tabelle, welche Teile erforderlich sind, um Fahrzeuge entsprechend den Fahrzeugbestellungen einer vorbestimmten Zeitspanne, z. B. einem Tag oder einer Woche, zusammenmontieren zu können. Als nächstes wird in Schritt S102 eine Kodierung von Veränderungen bei den Teilen infolge von Lieferungen und Verbrauch davon bestimmt.

Danach wird in Schritt S103 eine Liste von Ausgangsteilen und -materialien erstellt, in Schritt S104 wird ein spezielles Steuerprogramm für den Fertigungsprozeß eingegeben und, nachdem in Schritt S105 technische Spezifikationen registriert worden sind, wird bestimmt, falls in Schritt S106 Änderungen der technischen Spezifikationen zu erfolgen haben.

Unter Verwendung der in Schritt S101 erstellten Tabelle für die benötigten Teile wird in Schritt S107 ein Entwurf für eine Spezifikationstabelle erstellt, in Schritt S108 eine Tabelle für verschiedene andere Einflußfaktoren, wie z. B. für einzelne Länder, Modelle, Optionen erforderliche Spezifikationen, erstellt und in Schritt S109 eine endgültige Spezifikationstabelle erstellt und zu jedem der Untersysteme übermittelt. Ferner werden in Schritt S110 Informationen, die den Zeitablauf der Montage gemäß der endgültigen Spezifikationstabelle betreffen, in jedes der Untersysteme eingegeben.

Als nächstes wird in Schritt S111 unter Verwendung der endgültigen Spezifikationstabelle als Grundlage eine Produktionsspezifikationstabelle aufgestellt, diese wird kodiert und dann als Basisdaten der Arbeitsreihenfolge für jede Fertigungslinie bereitgestellt.

Danach bestimmt in Schritt S112 das Hostcomputersystem 100 spezielle Konstruktionen entsprechend dem Fahrzeugtyp, Optionen etc. sowie Lackfarben und Muster für die Fahrzeuge. In Schritt S113 wird der zeitliche Ablauf dafür bestimmt, daß eine neu entwickelte Lackfarbe oder ein Muster in den Montageprozeß implementiert wird.

In Schritt S114 klassiert dann der Hostcomputersystem 100 die Fahrzeuge gemäß Fahrzeugtyp, Optionen etc. und

weist jedem Fahrzeug eine Optionskombinationsnummer zu. Danach werden die Modellspezifikationstabelle aus Schritt S108, die Produktionsspezifikationstabelle aus Schritt S111 und in den Schritten S112 und S113 bestimmte spezifische Fahrzeugkonstruktionen und Farben zusammengefaßt und ausgewertet, und in Schritt S115 wird eine Arbeitsreihenfolge erstellt, die während der laufenden Fertigungsprozesse als Leitlinie dient. Unter Verwendung der Arbeitsreihenfolge als Grundlage werden in Schritt S116 detaillierte Spezifikationen für die gesamte Montagelinie bestimmt.

Dann werden in Schritt S117 Informationen über die erstellte Arbeitsreihenfolge gespeichert. Dann werden in Schritt S118 ebenfalls Informationen über die detaillierten Spezifikationen für die Montagelinie gespeichert. In Schritt S119 wird dann unter Verwendung dieser Informationen ein Tagesproduktionsplan erstellt und an das Produktionsmanagement-Steuersystem 200 übertragen.

Das Produktionsmanagement-Steuersystem 200 erstellt unter Verwendung des Tagesproduktionsplanes eine Fertigungsreihenfolge. Im einzelnen wird in Schritt S120 ein Entwurf für eine Fertigungsreihenfolge erstellt, wobei nur Fertigungsreihenfolgen für die Fahrzeugkarosserielinie 232 und die Ausstattungslinie 213 berücksichtigt werden. Nach dem Analysieren des Entwurfs in Schritt S121 mit Erwägungen hinsichtlich der Gleichverteilung in der Fahrzeugkarosserielinie 232 und in der Ausstattungslinie 213 und hinsichtlich der Farbgruppierung für die Lackierungslinie 234, so daß die tatsächlichen Fertigungsprozesse angeglichen werden, wird ein Fertigungsreihenfolgeplan für die Ausstattungslinie 213 an das Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 gesendet.

Das Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 wertet den empfangenen Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan aus und erstellt in Schritt S122 einen Fertigungsreihenfolgeentwurf und bestimmt dann in Schritt S123 für die Ausstattungslinie geeignete Größen der Farbkarossspeicher-Stapel und Abstände zwischen diesen.

Als nächstes wird in Schritt S124 für die Ausstattungsoptionen ein Gleichverteilen auf die oben bestimmten Stapelgrößen ausgeführt, in Schritt S125 wird ein tatsächlicher Ausstattungsfertigungsreihenfolgeplan aufgestellt und dann wird dieser an das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 übertragen. Dort wird der Ausstattungsfertigungsreihenfolgeplan gemäß den Größen der Farbkarossspeicher-Stapel aufgestellt.

Nach dem obigen Schritt führt das Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 in Schritt S126 ein Gleichverteilen gemäß Fahrzeugkarosserietyp und eine Farbgruppierung durch. Als nächstes wird in Schritt S127 ein Entwurf für die Lackierungslinienfertigung formuliert und in Schritt S128 werden unter dessen Verwendung als Grundlage unter Berücksichtigung der Rohkarossspeicher-Fertigungskapazität Größen für die Rohkarossspeicher-Stapel aufgestellt. Hierbei ist wie oben angesprochen die Rohkarossspeicher-Stapel-Größe geringer als die Farbkarossspeicher-Stapel-Größe, wobei die Farbkarossspeicher-Stapel-Größe bevorzugt ein Mehrfaches der Rohkarossspeicher-Stapel-Größe aufweist, um ein einfacheres Wiederanpassen zu ermöglichen. Nach dem Bestimmen der Rohkarossspeicher-Stapel-Größe wird in Schritt S129 im Rahmen der vorgegebenen Stapelgröße die Farbgruppierung bestimmt und in Schritt S130 wird ein tatsächlicher Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan aufgestellt. Danach wird dieser zu dem Karosserielinien-Untersteuersystem 230 übertragen.

Das Karosserielinien-Untersteuersystem 230 führt dann in Schritt S131 eine Gleichverteilung gemäß dem Fahrzeug-

karosserietyp innerhalb der Rohkarossspeicher-Stapelgrößen aus und stellt in Schritt S132 einen Fahrzeugkarosserielinien-Fertigungsreihenfolgeplan auf. Als nächstes wird in Schritt S133 der Fahrzeugkarosserielinien-Fertigungsreihenfolgeplan zu dem Zuführreihenfolge-Untersteuersystem 231 übertragen und es wird ein Befehl übermittelt, den Fertigungsprozeß zu beginnen.

Nach Schritt S133 wird in Schritt S134 die Fertigung durchgeführt. Während der Fertigung werden Untersysteme für die jeweiligen Fertigungslinien ausgetauscht und zu dem Produktionsmanagement-Steuersystem 200 übertragen, derart daß in Schritt S135 von dem Produktionsmanagement-Steuersystem 200 Änderungen für den gesamten Fertigungsprozeß durchgeführt werden können.

Schließlich überträgt das Produktionsmanagement-Steuersystem 200 in Schritt S136 den gesamten Fertigungsprozeß betreffende Informationen zu dem Hostcomputersystem 100, derart daß die Zulieferbedingungen für Teile und Materialien überprüft werden können.

Es wird auf Fig. 5 und 6 Bezug genommen, aus denen ein Flußdiagramm eines erfindungsgemäßen Fahrzeugmontageverfahrens bzw. eine Prinzipdarstellung eines erfindungsgemäßen Systems ersichtlich sind, bei dem das aus Fig. 5 ersichtliche Fahrzeugmontageverfahren ausgeführt wird. Unterschiede zwischen dem erfindungsgemäßen Fahrzeugmontageverfahren bzw. Fahrzeugmontagesystem und einem Fahrzeugmontageverfahren bzw. einem Fahrzeugmontagesystem gemäß dem Stand der Technik können leicht aus den Fig. 9 und 10 entnommen werden.

Die Aufstellung der Produktionspläne und die Ausführung der Gleichverteilungs- und Farbgruppierungsabläufe werden nachfolgend beschrieben. Wenn die Reihenfolge, in der die Fahrzeuge einer der Fertigungslinien zugeführt werden, bestimmt wird, wird entweder eine Gleichverteilung ausgeführt, bei der die Fahrzeuge abwechselnd nach Typen oder in einem wiederholten Muster A, B, C, A, B, C, A . . . , angeordnet werden oder eine Gruppierung wird angewandt, wobei Fahrzeuge in einem vorbestimmten Muster gleicher und ungleicher Fahrzeugtypen, z. B. A, A, A, B, B, B . . . Fahrzeugtypen gruppiert sind.

Falls entschieden ist, daß eine Anzahl von N Fahrzeugen montiert werden soll, wird die Gleichverteilung unter Verwendung der nachfolgenden Formel zum Bestimmen der Zuführreihenfolge der einzelnen Fahrzeuge durchgeführt.

Zunächst werden die folgenden Symbole bestimmt:

N ist die Anzahl der zu montierenden Fahrzeuge,

i ist die Fahrzeugnummer (i=1, 2, 3 . . . N),

L ist die Anzahl der zum Gleichverteilen verwendeten Varianten (z. B. würde die Verwendung von Varianten vom Typ a, vom Typ b und vom Typ c bedeuten, daß L gleich 3 ist),

L<sub>j</sub> sind die gleichzuverteilenden Spezifikationen j=1, 2, 3, . . . L,

A(i,j) ist ein Feld aller Zuordnungen der Fahrzeuge i zu den gleichzuverteilenden Spezifikationen L<sub>j</sub>, wobei die Variablen des Felds einen Wert von 1 oder 0 haben; wenn das Fahrzeug i die Spezifikation L<sub>j</sub> aufweist, ist der Wert von A(i,j) gleich 1, sonst gleich 0; wenn z. B. i das Auto Nummer 3 ist und die Optionen der Spezifikation 3 aufweist, ist A(3,3)=1, weist das Auto Nummer 3 diese Spezifikation nicht auf, ist A(3,3)=0,

Q(j) ist aus einer Anzahl N von Fahrzeugen die Anzahl von Fahrzeugen, die die gleichzuverteilende Spezifikation j erfüllen, d. h.

$$Q(j) = \sum_{i=1}^N A(i,j)$$

K ist die Frequenz für die Reihenfolge-Berechnung,



$X_{k,i}$  ist gleich 1, falls das Fahrzeug  $i$  in der  $K$  Reihenfolge zugeführt wird, und 0, falls es nicht in dieser  $K$  Reihenfolge zugeführt wird,  
 $Q(k,j)$  die Anzahl von Fahrzeugen der gleichzuverteilenden Spezifikation  $L_j$ , die in der  $K$  Reihenfolge zugeführt werden, d. h.

$$Q(k,j) = \sum_{s=1}^k X(s,i) \times A(i,j)$$

$S$  ist die Menge von Fahrzeugen, für die das Zuführen in die Montagelinie noch nicht bestimmt worden ist,

$$S \leftarrow \{1, 2, 3 \dots N\}$$

$k$  beginnt mit 1 und es wird das Fahrzeug  $i$ , das die folgende Bedingung erfüllt, herausgesucht:

$$\text{Minimiere } \sum_{j=1}^L \{ (N/Q(j)) \{ Q(k-1,j) + A(i,j) \} - k \}^2.$$

Unter Anwendung dieser Formel wird ein Fahrzeug mit der Fahrzeugnummer  $i$  der  $k$  Reihenfolge zugeführt.

Wenn entschieden worden ist, daß eine Anzahl von  $N$  Fahrzeugen zu montieren ist, wird die Zuführreihenfolge für die Lackierungslinie 234 unter Anwendung der nachfolgenden Farbgruppierungs-Formel bestimmt.

$L$  ist die Vielfalt der zu gruppierenden Spezifikationen,  $L_j$  sind die zu gruppierenden Spezifikationen  $j=1, 2 \dots G$ ,  $A(i,j)$ : Falls Fahrzeug  $i$  der zu gruppierenden Spezifikation  $L_j$  entspricht, hat  $A(i,j)$  einen Wert von 1, sonst von 0 ( $i=1, 2 \dots N$ ,  $j=1, 2 \dots G$ ),

$Q(j)$  ist aus der Anzahl von  $N$  Fahrzeugen die Anzahl von Fahrzeugen, die die zu gruppierende Spezifikation  $L_j$  erfüllt, d. h.

$$Q(j) = \sum_{i=1}^N A(i,j)$$

$Q(k,j)$  die Anzahl von Fahrzeugen der gleichzuverteilenden Spezifikation  $L_j$ , die bis zur Iteration  $k$  zugeführt werden, d. h.

$$Q(k,j) = \sum_{s=1}^k X(s,i) \times A(i,j).$$

Die übrigen Symbole werden identisch zu denen der Formel für die Gleichverteilung verwendet und es wird ein Fahrzeug  $i$  herausgesucht, das die folgende Bedingung erfüllt.

$$\text{Maximiere } \sum_{j=1}^L \{ (N/Q(j)) \{ fQ(k-1,j) + A(i,j) \} - k \}^2.$$

Unter Verwendung der obigen Formel wird die Montage-reihenfolge derart bestimmt, daß das Fahrzeug mit der Nummer  $i$  der Montagelinie an der  $k$ -ten Stelle zugeführt wird.

Die Bestimmung der Montagereihenfolge unter Verwendung der obigen Gleichverteilungs- und Gruppierungsformeln läuft einander zuwiderlaufend ab. Falls die Fertigungs-reihenfolge nur auf der Grundlage von Gleichverteilung bestimmt wird, nimmt die Fertigungseffizienz für den Teil der Fertigungslinie ab, für den Gruppierung benötigt wird, und umgekehrt. Daher wird eine neue Formel benötigt, die einen Abgleich zwischen den obigen Formeln für Gleichverteilung und Gruppierung schafft.

Wenn bestimmt ist, daß eine Anzahl von  $N$  Fahrzeugen montiert werden soll, wird eine Formel verwendet, die eine Kombination aus der Gleichverteilungsformel und der Gruppierungsformel ist, d. h. die neue Formel kombiniert die beiden bestehenden Formeln, die Gleichverteilung und Gruppierung ausführen, soweit wie möglich.

Zunächst werden die folgenden Symbole definiert:

$L$  ist die Anzahl von Variationen, die gleichzuverteilende Spezifikationen und zu gruppierende Spezifikationen kombinieren,  
 die verbleibenden Bedingungen sind dieselben wie bei den obigen Gleichverteilungs- und Gruppierungsformeln und die folgende Bedingung wird befriedigt um das Fahrzeug  $i$  der Fertigung zuzuführen:

$$\text{Minimiere } \sum_{j=1}^L \delta_j \times \{ (N/Q(j)) \{ Q(k-1,j) + A(i,j) \} - k \}^2.$$

Unter Verwendung der obigen Formel wird der Montage-prozeß derart bestimmt, daß das Fahrzeug Nummer  $i$  der Montagelinie an der  $k$ -ten Stelle zugeführt wird. In der obigen Formel ist  $\delta_j$  der gewichtete Wert, der der Spezifikation  $j$  gegeben ist. Wenn Gleichverteilung und Gruppierung einander entgegengesetzt laufen und für das Fahrzeug  $i$  zu einer Zufallsposition der Reihenfolge führen, wird bestimmt, ob Gleichverteilung oder Gruppierung derart gewichtet werden sollen, daß die Werte unterschiedlich sind. Falls dabei Gleichverteilung übergewichtet wird, ist  $\delta_j > 0$ , falls Gruppierung übergewichtet wird, ist  $\delta_j < 0$ .

Zum Beispiel wird während des Aufstellens des Produktionsplanes in Fig. 4 die oben erwähnte kombinierte Formel verwendet, da die Reihenfolge derart aufgestellt werden muß, daß in Schritt S124 sowohl Gleichverteilung als auch Gruppierung verwirklicht werden. Da in Schritt S124 die Gleichverteilung für die Ausstattungsoptionen auf vorbestimmte Stapelgrößen durchgeführt wird, wird für diesen Schritt die Gleichverteilungsformel verwendet und für den Schritt S129 wird die Gruppierungsformel verwendet, wodurch die Montagereihenfolge bestimmt wird.

Nachdem durch den oben beschriebenen Vorgang der Produktionsplan aufgestellt ist, wird die Fahrzeugproduktion begonnen. Häufig kann jedoch dem Produktionsplan nicht genau gefolgt werden, wenn bei dem Fertigungsprozeß Probleme, wie unzureichende Teilezufuhr, Fehlfunktionen in der Montagemaschinerie und Defekte bei den montierten Fahrzeugen, auftreten. In dem letzten Fall werden die Fahrzeuge zwischenzeitlich aus der Montagelinie entfernt, damit sie gerichtet und wieder in die Montagelinie zurückgeführt werden können. Infolgedessen sind die zwischenzeitlich entfernten Fahrzeugkarosserien nicht mehr in der ursprünglichen Reihenfolge. Obwohl die Fahrzeugkarosserien in den Puffern zu einem gewissen Grad umplaziert werden können, ist es dann nicht möglich, die durcheinandergebrachte Reihenfolge der Fahrzeuge in den Puffern wieder vollständig zu korrigieren, da das Problem des Entfernens und Zurückführens in jeder Fertigungslinie mehrfach auftritt.

Erfindungsgemäß wird das dynamische Umspezifizierungsverfahren verwendet, um die durcheinandergebrachte Reihenfolge der Fahrzeuge auszuwerten, die Fahrzeuge dann durch Austauschen von Auftragsnummern dieser neu zu kennzeichnen, derart daß die Reihenfolge der Fahrzeuge vollständig wiederhergestellt werden kann, und die Fahrzeuge neu in Stapel in eine Reihenfolge zu bringen, die für den nachfolgenden Prozeß ideal ist.

Es wird auf Fig. 7 Bezug genommen, in der Tabellen gezeigt sind, aus denen das erfindungsgemäße Umspezifizierungsverfahren ersichtlich ist. Um das Verfahren einfacher erklären zu können, wird bei den Tabellen angenommen, daß die Größe des Stapels fünf Fahrzeuge beträgt und daß die Stapelgrößen für den FarbkarosSENSpeicher 212 und den RohkarosSENSpeicher 222 dieselben sind. Wie oben beschrieben hat der FarbkarosSENSpeicher-Stapel normalerweise eine Größe, die ein Mehrfaches der Größe des RohkarosSENSpeicher-Stapels beträgt, und in großen Montagelinien eine Größe, die ein Vielfaches der Größe des Rohkaros-

senspeicher-Stapels beträgt.

Tabelle a aus Fig. 7 ist eine von dem Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 für die Prozeßreihenfolge der Ausstattungslinie 213 unter Berücksichtigung von Gleichverteilung, Gruppierung, gewichteten Werten, etc. der Fertigungslinie aufgestellte Tabelle. Wenn gewichtete Werte für die Fahrzeugkarosserielinie 232, die Lackierungslinie 234 oder die Ausstattungslinie 213 existieren, entsprechen die Fahrzeugidentifikationsnummern (VIN) Auftragsnummern (ORD) derart wie z. B. in der Tabelle a der Fig. 7 gezeigt ist.

Das Produktionsmanagement-Steuersystem 220 bestimmt, nachdem der obige Prozeßreihenfolgeplan empfangen worden ist, eine Prozeßreihenfolge für die Lackierungslinie 234. Da der von dem Ausstattungslinien-Untersteuersystem 210 aufgestellte Plan mit dem Gruppierungsprozeß der Lackierungslinie 234 zusammenpaßt, liegt keine Veränderung der Zuordnung der Auftragsnummern (ORD) zu den Fahrzeugidentifikationsnummern (VIN) vor, wie aus der Tabelle b von Fig. 7 ersichtlich ist.

Nachdem der obige Fertigungsreihenfolgeplan von dem Lackierungslinien-Untersteuersystem 220 empfangen worden ist, stellt das Karosserielinien-Untersteuersystem 230 einen Fertigungsreihenfolgeplan ohne Berücksichtigung der Auftragsnummern auf. Im vorliegenden Fall wird der ursprüngliche Reihenfolgeplan aufrechterhalten, da die Karosseriereihenfolge einem gleichverteilten Zustand entspricht.

Mittels der oben aufgestellten Reihenfolge führt das Zufuhrreihenfolge-Untersteuersystem 231 die Steuerung für die Zuführung von Fahrzeugkarosserien zu der Karosserielinie 232 in der Reihenfolge der Fahrzeugidentifikationsnummern 121, 122, 123, 124 und 125 aus. Falls in der Montagelinie keine Probleme auftreten, werden die Montageprozesse durchgeführt wie geplant. Falls jedoch während des Fertigungsprozesses in den Fahrzeugen Defekte gefunden werden, wird die geplante Reihenfolge durcheinandergebracht. Falls in dem Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 122 ein Defekt entdeckt wird, wird wegen der zum Beheben des Defektes erforderlichen Zeit das Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 122 z. B. hinter dem Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 124 in den Montageprozeß zurückgeführt.

Eine derartige Unordnung in der Reihenfolge wird in dem Rohkarosserienspeicher 222 korrigiert. Da das dynamische Umspezifizierungsverfahren verwendet wird, wird die durcheinandergebrachte Reihenfolge einfacher wieder richtiggestellt. Falls die Reihenfolge der Fahrzeuge in dem Rohkarosserienspeicher 222, 121, 123, 124, 122 und 125 ist, werden nämlich die Auftragsnummern der Fahrzeuge mit den Fahrzeugidentifikationsnummern 122 und 124 miteinander vertauscht, anders als gemäß dem Stand der Technik, wo die Fahrzeuge physikalisch neu aufgereiht werden. Während die Vorteile des Austauschs von Auftragsnummern ORD bei einer Stapelgröße von fünf Fahrzeugen bei diesem Beispiel nicht sehr augenscheinlich sind, werden die Vorteile deutlicher, wenn Stapelgrößen von sechzig oder mehr Fahrzeugen erreicht werden und bei dem Produktionsprozeß viele Defekte entdeckt werden.

Die anfängliche Auftragsnummer des Fahrzeugs mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 124 wird von D5054 auf D5053 geändert. Dementsprechend erhält das Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 124 einen Lack mit der Kodierung OU anstatt eines Lackes mit der Kodierung KJ, wie in der Tabelle b der Fig. 7 gezeigt war. Wie aus Fig. d der Fig. 7 ersichtlich ist, werden die Fahrzeuge umgekennzeichnet und auf der Basis dieser Tabelle wird erneut eine Farbengruppierung derart durchgeführt, daß eine Aufreihung für die Lackierungslinie 234 realisiert wird, wie in der Tabelle e der Fig. 7 gezeigt ist. Dabei wird nur die Reihen-

folge der Fahrzeuge mit den Fahrzeugidentifikationsnummern 124 und 123 physikalisch verändert.

In der Lackierungslinie 234 wird das Lackieren in der Reihenfolge der Fahrzeugidentifikationsnummern 121, 124, 123, 122 und 125 durchgeführt. Falls während des Lackierungsprozesses z. B. ein Defekt bei dem Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 123 festgestellt wird, so daß dieses erneut lackiert werden muß, wird das Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 123 zeitweise aus der Lackierungslinie 234 entfernt und dann an einer weiter hinten angeordneten Stelle wieder in die Linie eingefügt. Entsprechend treten die Fahrzeuge in dieser veränderten Reihenfolge in den Farbkarosserienspeicher 212 ein.

Da die Fahrzeuge mit den Fahrzeugidentifikationsnummern 123 und 125 Fahrzeuge vom Typ "B" sind, die beide Lacke vom Typ KJ benötigen, wird das Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 123 neu mit der Auftragsnummer D5053 gekennzeichnet, was einem Ausstattungstyp Typ "4" entspricht, und das Fahrzeug mit der Fahrzeugidentifikationsnummer 125 wird neu mit der Auftragsnummer D5967 gekennzeichnet, was einem Ausstattungstyp Typ "3" entspricht.

Wie beim Vergleichen von Tabelle a und Tabelle f ersichtlich ist, ist die Montagereihenfolge hinsichtlich des Ausstattungstyps dieselbe wie ursprünglich geplant, obwohl die Reihenfolge der Fahrzeugidentifikationsnummern sich geändert hat. Obwohl bei tatsächlichen Prozessen, in denen die Stapelgrößen erheblich größer sind, ein derartiges Zurückkommen auf den ursprünglichen Produktionsplan in der Regel nicht möglich ist, ist es aber möglich, diesem ursprünglich aufgestellten Produktionsplan sehr nahe zu kommen.

Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Fahrzeugmontagesteuerverfahrens vom Zug-Typ kann die Produktivität gegenüber dem Stand der Technik bei Verwendung einer Produktionsausrüstung, die die gleiche Kapazität aufweist, erheblich verbessert werden. Im einzelnen heißt dies, daß die Produktivität für die Lackierungslinie um 6% erhöht werden kann und für die Ausstattungslinie um 5% erhöht werden kann, wie aus Fig. 8 ersichtlich ist.

#### Patentansprüche

1. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren zum Steuern eines Fahrzeugmontageprozesses mit einer Fahrzeugkarosserielinie zum Zusammenbauen von Fahrzeugkarosserien, einer Lackierungslinie zum Lackieren von Fahrzeugkarosserien, die die Fahrzeugkarosserielinie durchlaufen haben, einer Ausstattungslinie, in der verschiedene Ausstattungsteile an der Fahrzeugkarosserie montiert werden, nachdem diese die Lackierungslinie durchlaufen hat, einen Rohkarosserienspeicher-Puffer, der zwischen der Fahrzeugkarosserielinie und der Lackierungslinie angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Fahrzeugkarosserielinie durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, und einem Farbkarosserienspeicher-Puffer, der zwischen der Lackierungslinie und der Ausstattungslinie angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Lackierungslinie durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- a) Aufstellen eines Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes zum Bestimmen einer Reihenfolge, in der Fahrzeuge in die Ausstattungslinie eingeführt werden,
- b) Aufstellen eines Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes, der auf dem Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan basiert und eine Reihenfolge bestimmt, in der Fahrzeuge in



die Lackierungslinie eingeführt werden,  
 c) Aufstellen eines Fahrzeugkarosserielinien-Fertigungsreihenfolgeplanes, der auf dem Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan basiert und eine Reihenfolge bestimmt, in der Fahrzeuge in die Fahrzeugkarosserielinie eingeführt werden.  
 2. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Verfahren einen Schritt e) aufweist, der zwischen den Schritten a) und b) ausgeführt wird, und in dem die Fahrzeuge in geeigneten Stapelgrößen für einen nachfolgenden Prozeß gruppiert werden.  
 3. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das Verfahren einen Schritt f) aufweist, der zwischen den Schritten b) und c) ausgeführt wird, und in dem die Fahrzeuge in geeigneten Stapelgrößen für einen nachfolgenden Prozeß gruppiert werden.  
 4. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Größe der in Schritt f) bestimmten Stapel ein Mehrfaches einer Größe der in Schritt e) bestimmten Stapel beträgt.  
 5. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei für den Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan eine Gleichverteilung durchgeführt wird, um die Reihenfolge zu bestimmen, in der Fahrzeuge der Ausstattungslinie zugeführt werden.  
 6. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei für den Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan eine Gruppierung durchgeführt wird, um die Reihenfolge zu bestimmen, in der Fahrzeuge der Lackierungslinie zugeführt werden.  
 7. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein kombinierter Fertigungsreihenfolgeplan aufgestellt wird, bei dem Gleichverteilung des Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplans und Gruppierung des Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplans kombiniert sind.  
 8. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei für den Karosserie-Fertigungsreihenfolgeplan eine Gleichverteilung durchgeführt wird, um die Reihenfolge zu bestimmen, in der Fahrzeuge der Karosserielinie zugeführt werden.  
 9. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß Anspruch 5, wobei die Gleichverteilung für den Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan unter Verwendung der folgenden Formel ausgeführt wird:  

$$N$$
 ist die Anzahl der zu montierenden Fahrzeuge,  
 $i$  ist die Fahrzeugnummer ( $i=1, 2, 3 \dots N$ ),  
 $L$  ist die Anzahl der zum Gleichverteilen verwendeten Varianten,  
 $L_j$  sind die gleichzuverteilenden Spezifikationen  $j=1, 2, 3, \dots L$ ,  
 $A(i,j)$  Feld aller Zuordnungen der Fahrzeuge  $i$  zu den gleichzuverteilenden Spezifikationen  $L_j$ , wobei die Variablen des Felds einen Wert von 1 oder 0 haben,  
 $Q(j)$  ist aus einer Anzahl  $N$  von Fahrzeugen die Anzahl von Fahrzeugen, die die gleichzuverteilende Spezifikation  $j$  erfüllen, d. h.

$$Q(j) = \sum_{i=1}^N A(i,j)$$

$K$  ist die Frequenz für die Reihenfolge-Berechnung,  
 $X_{k,i}$  ist gleich 1, falls das Fahrzeug  $i$  in der  $K$  Reihenfolge zugeführt wird, und 0, falls es nicht in dieser  $K$  Reihenfolge zugeführt wird,

$Q(k,j)$  die Anzahl von Fahrzeugen der gleichzuverteilenden Spezifikation  $L_j$ , die in der  $K$  Reihenfolge zugeführt werden, d. h.

$$Q(k,j) = \sum_{s=1}^k X(s,i) \times A(i,j)$$

$S$  ist die Menge von Fahrzeugen, für die das Zuführen in die Montagelinie noch nicht bestimmt worden ist,

$$S \leftarrow \{1, 2, 3 \dots N\}$$

$k$  beginnt mit 1 und es wird das Fahrzeug  $i$ , das die folgende Bedingung erfüllt, herausgesucht:

$$\text{Minimiere } \sum_{j=1}^L ((N/Q(j)) \{Q(k-1,j) + A(i,j)\} - k)^2$$

und unter Anwendung dieser Formel wird ein Fahrzeug mit der Fahrzeugnummer  $i$  der  $k$  Reihenfolge zugeführt.

10. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß Anspruch 6, wobei die Gruppierung für den Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan unter Verwendung der folgenden Formel ausgeführt wird:

$N$  ist die Anzahl der zu montierenden Fahrzeuge,

$i$  ist die Fahrzeugnummer ( $i=1, 2, 3 \dots N$ ),

$L$  ist die Vielfalt der zu gruppierenden Spezifikationen,

$L_j$  sind die zu gruppierenden Spezifikationen  $j=1, 2 \dots G$ ,

$A(i,j)$  Falls Fahrzeug  $i$  der zu gruppierenden Spezifikation  $L_j$  entspricht, hat  $A(i,j)$  einen Wert von 1, sonst von 0 ( $i=1, 2 \dots N, j=1, 2 \dots G$ ),

$Q(j)$  ist außer Anzahl von  $N$  Fahrzeugen die Anzahl von Fahrzeugen, die die zu gruppierende Spezifikation  $L_j$  erfüllt, d. h.

$$Q(j) = \sum_{i=1}^N A(i,j)$$

$Q(k,j)$  die Anzahl von Fahrzeugen der gleichzuverteilenden Spezifikation  $L_j$ , die bis zur Iteration  $k$  zugeführt werden, d. h.

$$Q(k,j) = \sum_{s=1}^k X(s,i) \times A(i,j)$$

$$S \leftarrow \{1, 2, 3 \dots N\};$$

$k$  beginnt mit 1,

$$\text{Maximiere } \sum_{j=1}^L ((N/Q(j)) \{Q(k-1,j) + A(i,j)\} - k)^2$$

wobei die Montagereihenfolge derart bestimmt wird, daß das Fahrzeug Nummer  $i$  der Montagelinie an der  $k$ -ten Stelle zugeführt wird.

11. Fahrzeugmontageliniensteuerverfahren gemäß Anspruch 7, wobei der kombinierte Fertigungsreihenfolgeplan unter Verwendung der folgenden Formel bestimmt wird:

$N$  ist die Anzahl der zu montierenden Fahrzeuge,

$i$  ist die Fahrzeugnummer ( $i=1, 2, 3 \dots N$ )

$L$  ist die Vielfalt der Variationen von kombinierten gleichzuverteilenden Spezifikationen und zu gruppierenden Spezifikationen,

$L_j$  sind die gleichzuverteilenden und zu gruppierenden Spezifikationen  $j=1, 2 \dots G$ ,

$A(i,j)$  Falls Fahrzeug  $i$  der zu gruppierenden Spezifikation  $L_j$  entspricht, hat  $A(i,j)$  einen Wert von 1, sonst von 0 ( $i=1, 2 \dots N, j=1, 2 \dots G$ ),

$Q(j)$  ist die Anzahl von  $N$  Fahrzeugen, die die Spezifikation  $j$  erfüllt, d. h.

$$Q(j) = \sum_{i=1}^N A(i,j)$$

$Q(k,j)$  die Anzahl von Fahrzeugen der Spezifikation  $j$ , die bis zur Iteration  $k$  zugeführt werden, d. h.

$$Q(k,j) = \sum_{s=1}^k X(s,i) \times A(i,j)$$

$\delta j$  ist der der Spezifikation  $j$  gegebene Gewichtungswert, wobei  $\delta j > 0$ , falls Gleichverteilung übergewichtet wird, und  $\delta j < 0$ , falls Gruppierung übergewichtet wird,  $S \leftarrow \{1, 2, 3 \dots N\}$   
 $k$  beginnt mit 1,

$$\text{Minimiere } \sum_{j=1}^L \delta j \times ((N/Q(j)) \{Q(k-1,j) + A(i,j)\} - k)^2$$

wobei die Montagereihenfolge derart bestimmt wird, daß das Fahrzeug Nummer  $i$  der Montagelinie an der  $k$ -ten Stelle zugeführt wird.

12. Fahrzeugmontageliniensterverfahren gemäß Anspruch 8, wobei die Gleichverteilung für den Karosserielinien-Fertigungsreihenfolgeplan unter Verwendung der folgenden Formel ausgeführt wird:

$N$  ist die Anzahl der zu montierenden Fahrzeuge,  
 $i$  ist die Fahrzeugnummer ( $i=1, 2, 3 \dots N$ ),  
 $L$  ist die Anzahl der zum Gleichverteilen verwendeten Varianten,  
 $L_j$  sind die gleichzuverteilenden Spezifikationen  $j=1, 2, 3, \dots L$ ,

$A(i,j)$  Feld aller Zuordnungen der Fahrzeuge  $i$  zu den gleichzuverteilenden Spezifikationen  $L_j$ , wobei die Variablen des Felds einen Wert von 1 oder 0 haben,

$Q(j)$  ist aus einer Anzahl  $N$  von Fahrzeugen die Anzahl von Fahrzeugen, die die gleichzuverteilende Spezifikation  $j$  erfüllen, d. h.

$$Q(j) = \sum_{i=1}^N A(i,j),$$

$K$  ist die Frequenz für die Reihenfolge-Berechnung,  
 $X_{k,i}$  ist gleich 1, falls das Fahrzeug  $i$  in der  $K$  Reihenfolge zugeführt wird, und 0, falls es nicht in dieser  $K$  Reihenfolge zugeführt wird,

$Q(k,j)$  die Anzahl von Fahrzeugen der gleichzuverteilenden Spezifikation  $L_j$ , die in der  $K$  Reihenfolge zugeführt werden, d. h.

$$Q(k,j) = \sum_{s=1}^k X(s,i) \times A(i,j)$$

$S$  ist die Menge von Fahrzeugen, für die das Zuführen in die Montagelinie noch nicht bestimmt worden ist,  $S \leftarrow \{1, 2, 3 \dots N\}$

$k$  beginnt mit 1 und es wird das Fahrzeug  $i$ , das die folgende Bedingung erfüllt, herausgesucht:

$$\text{Minimiere } \sum_{j=1}^L ((N/Q(j)) \{Q(k-1,j) + A(i,j)\} - k)^2$$

und unter Anwendung dieser Formel wird ein Fahrzeug mit der Fahrzeugnummer  $i$  der  $k$  Reihenfolge zugeführt.

13. Fahrzeugmontageliniensterverfahren zum Steuern eines Fahrzeugmontageprozesses mit einer Fahrzeugkarosserielinie zum Zusammenbauen von Fahrzeugkarosserien, einer Lackierungslinie zum Lackieren von Fahrzeugkarosserien, die die Fahrzeugkarosserielinie durchlaufen haben, einer Ausstattungslinie, in der verschiedene Ausstattungsteile an der Fahrzeugkarosserie montiert werden, nachdem diese die Lackierungslinie durchlaufen hat, einen Rohkarossenspei-

cher-Puffer, der zwischen der Fahrzeugkarosserielinie und der Lackierungslinie angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Fahrzeugkarosserielinie durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, und einem Farbkarossenspeicher-Puffer, der zwischen der Lackierungslinie und der Ausstattungslinie angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Lackierungslinie durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

a) Aufstellen eines Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes unter Verwendung von Gleichverteilung zum Bestimmen einer Reihenfolge, in der Fahrzeuge in die Ausstattungslinie eingeführt werden,

b) Einteilen der in die Ausstattungslinie einzuführenden Fahrzeuge in vorbestimmte Farbkarossenspeicher-Stapelgrößen,

c) Aufstellen eines Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes für die in Farbkarossenspeicher-Stapel eingeteilten Fahrzeuge unter Verwendung von Gruppierung zum Bestimmen einer Reihenfolge, in der Fahrzeuge in die Lackierungslinie eingeführt werden,

d) Einteilen der in die Lackierungslinie einzuführenden Fahrzeuge in vorbestimmte Rohkarossenspeicher-Stapelgrößen, und

e) Aufstellen eines Fahrzeugkarosserielinien-Fertigungsreihenfolgeplanes für die in Rohkarossenspeicher-Stapel eingeteilten Fahrzeuge unter Verwendung von Gleichverteilung zum Bestimmen einer Reihenfolge, in der Fahrzeuge in die Fahrzeugkarosserielinie eingeführt werden.

14. Fahrzeugmontageliniensterverfahren gemäß Anspruch 13, wobei der Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplan zwischen den Schritten b) und c) unter Verwendung eines kombinierten Fertigungsreihenfolgeplanes neu aufgestellt wird, in dem Gleichverteilung des Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes und Gruppierung des Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes miteinander kombiniert sind.

15. Fahrzeugmontageliniensterverfahren gemäß Anspruch 14, wobei der kombinierte Fertigungsreihenfolgeplan unter Verwendung der folgenden Formel bestimmt wird:

$N$  ist die Anzahl der zu montierenden Fahrzeuge,  
 $i$  ist die Fahrzeugnummer ( $i=1, 2, 3 \dots N$ ),  
 $L$  ist die Vielfalt der Variationen von kombinierten gleichzuverteilenden Spezifikationen und zu gruppierenden Spezifikationen,  
 $L_j$  sind die gleichzuverteilenden und zu gruppierenden Spezifikationen  $j=1, 2 \dots G$ ,

$A(i,j)$  Falls Fahrzeug  $i$  der zu gruppierenden Spezifikation  $L_j$  entspricht, hat  $A(i,j)$  einen Wert von 1, sonst von 0 ( $i=1, 2 \dots N, j=1, 2 \dots G$ ),  
 $Q(j)$  ist die Anzahl von  $N$  Fahrzeugen, die die Spezifikation  $j$  erfüllt, d. h.

$$Q(j) = \sum_{i=1}^N A(i,j)$$

$Q(k,j)$  die Anzahl von Fahrzeugen der Spezifikation  $j$ , die bis zur Iteration  $k$  zugeführt werden, d. h.

$$Q(k,j) = \sum_{s=1}^k X(s,i) \times A(i,j)$$

$\delta j$  ist der der Spezifikation  $j$  gegebene Gewichtungswert, wobei  $\delta j > 0$ , falls Gleichverteilung übergewichtet wird, und  $\delta j < 0$ , falls Gruppierung übergewichtet wird,  $S \leftarrow \{1, 2, 3 \dots N\}$ ;

k beginnt mit 1,

Minimiere  $\sum_{j=1}^k \delta_j \times ((N/Q(j)) \{Q(k-1,j) + A(i,j)\} - k)^2$

wobei die Montagereihenfolge derart bestimmt wird, daß das Fahrzeug Nummer i der Montagelinie an der k-ten Stelle zugeführt wird.

16. Fahrzeugmontageliniensterverfahren zum Steuern eines Fahrzeugmontageprozesses mit einer Fahrzeugkarosserielinie zum Zusammenbauen von Fahrzeugkarosserien, einer Lackierungslinie zum Lackieren von Fahrzeugkarosserien, die die Fahrzeugkarosserielinie durchlaufen haben, einer Ausstattungslinie, in der verschiedene Ausstattungsteile an der Fahrzeugkarosserie montiert werden, nachdem diese die Lackierungslinie durchlaufen hat, einen Rohkarossenspeicher-Puffer, der zwischen der Fahrzeugkarosserielinie und der Lackierungslinie angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Fahrzeugkarosserielinien durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, und einem Farbkarossenspeicher-Puffer, der zwischen der Lackierungslinie und der Ausstattungslinie angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Lackierungslinie durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- a) Zuweisen von Fahrzeugidentifikationsnummern, die Fahrzeugtyp, Lackfarbe, Optionen etc. bezeichnen, zu Auftragsnummern;
- b) Aufstellen eines Ausstattungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes unter Anwendung einer auf Optionen für die Ausstattungslinie basierenden Gleichverteilung;
- c) Einteilen der in die Ausstattungslinie einzuführenden Fahrzeuge in vorbestimmte Farbkarossenspeicher-Stapelgrößen;
- d) Aufstellen eines Lackierungslinien-Fertigungsreihenfolgeplanes für die in Farbkarossenspeicher-Stapel eingeteilten Fahrzeuge unter Verwendung von Gruppierung zum Bestimmen einer Reihenfolge, in der Fahrzeuge in die Lackierungslinie eingeführt werden;
- e) Einteilen der in die Lackierungslinie einzuführenden Fahrzeuge in vorbestimmte Rohkarossenspeicher-Stapelgrößen;
- f) Aufstellen eines Fahrzeugkarosserielinien-Fertigungsreihenfolgeplanes für die in Rohkarossenspeicher-Stapel eingeteilten Fahrzeuge unter Verwendung von Gleichverteilung zum Bestimmen einer Reihenfolge, in der Fahrzeuge in die Fahrzeugkarosserielinie eingeführt werden;
- g) Zusammenbauen der Fahrzeugkarosserien gemäß dem in Schritt f) aufgestellten Fertigungsreihenfolgeplan;
- h) Speichern der Fahrzeugkarosserien nach dem Karosseriemontageprozeß in dem Rohkarossenspeicher-Puffer;
- i) Neu-Aufreihen der Fahrzeuge, die wegen Fehlern aus der Reihenfolge gekommen sind, in dem Rohkarossenspeicher-Puffer, und danach Einführen der Fahrzeuge in die Lackierungslinie;
- j) Lackieren der in die Lackierungslinie eingeführten Fahrzeuge in vorbestimmten Farben und Designs und Speichern der Fahrzeuge in dem Farbkarossenspeicher-Puffer;
- k) Neu-Aufreihen der Fahrzeuge, die wegen Fehlern aus der Reihenfolge gekommen sind, in dem Farbkarossenspeicher-Puffer, und danach Einführen

ren der Fahrzeuge in die Ausstattungslinie; und  
l) Montieren von Ausstattungsteilen an den Fahrzeugen in der Ausstattungslinie, um den Fahrzeugmontageprozeß zu vervollständigen.

17. Fahrzeugmontageliniensterverfahren gemäß Anspruch 16, wobei das Neu-Aufreihen der Fahrzeuge in dem Rohkarossenspeicher-Puffer in Schritt i) unter Anwendung eines dynamischen Umspezifizierungsverfahrens ausgeführt wird, bei dem das Neu-Aufreihen unter Auswechseln einer Auftragsnummer und von Fahrzeugidentifikationsnummern durchgeführt wird.

18. Fahrzeugmontageliniensterverfahren gemäß Anspruch 16 oder 17, wobei das Neu-Aufreihen der Fahrzeuge in dem Farbkarossenspeicher-Puffer in Schritt k) unter Anwendung eines dynamischen Umspezifizierungsverfahrens ausgeführt wird, bei dem das Neu-Aufreihen unter Auswechseln einer Auftragsnummer und von Fahrzeugidentifikationsnummern durchgeführt wird.

19. Fahrzeugmontageliniensterverfahren zum Steuern eines Fahrzeugmontageprozesses mit einer Fahrzeugkarosserielinie (232) zum Zusammenbauen von Fahrzeugkarosserien, einer Lackierungslinie (234) zum Lackieren von Fahrzeugkarosserien, die die Fahrzeugkarosserielinie durchlaufen haben, einer Ausstattungslinie (213), in der verschiedene Ausstattungsteile an der Fahrzeugkarosserie montiert werden, nachdem diese die Lackierungslinie durchlaufen hat, einen Rohkarossenspeicher-Puffer, der zwischen der Fahrzeugkarosserielinie und der Lackierungslinie angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Fahrzeugkarosserielinie (232) durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, und einem Farbkarossenspeicher-Puffer, der zwischen der Lackierungslinie (234) und der Ausstattungslinie (213) angeordnet ist und in dem Fahrzeuge, die die Lackierungslinie (234) durchlaufen haben, zeitweise gespeichert werden, wobei das System aufweist: ein Hostcomputersystem (100), das an Organisations-, Fertigungs- und Vertriebscomputernetzwerke angeschlossen ist und von dem diese steuerbar sind; ein Produktionsmanagement-Steuersystem (200), von dem die Fertigungsprozesse steuerbar sind; ein Ausstattungslinien-Untersteuersystem (210), von dem Befehle des Produktionsmanagement-Steuersystems (200) aufnehmbar und Ausstattungslinien-Montageprozesse steuerbar sind; ein Lackierungslinien-Untersteuersystem (220), von dem Befehle des Produktionsmanagement-Steuersystems (200) aufnehmbar und Lackierungslinien-Montageprozesse steuerbar sind; ein Karosserielinien-Untersteuersystem (230), von dem Befehle des Produktionsmanagement-Steuersystems (200) aufnehmbar und Lackierungslinien-Montageprozesse steuerbar sind; ein dynamisches Farben-Umspezifizierungs-Steuersystem (221) zum Neu-Aufreihen der Fahrzeuge, die wegen Fehlern aus der Reihenfolge gekommen sind, in dem Rohkarossenspeicher-Puffer unter Anwendung eines dynamischen Umspezifizierungsverfahrens; und ein dynamisches Ausstattungs-Umspezifizierungs-Steuersystem (211) zum Neu-Aufreihen der Fahrzeuge, die wegen Fehlern aus der Reihenfolge gekommen sind, in dem Farbkarossenspeicher-Puffer unter Anwendung eines dynamischen Umspezifizierungsverfahrens.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

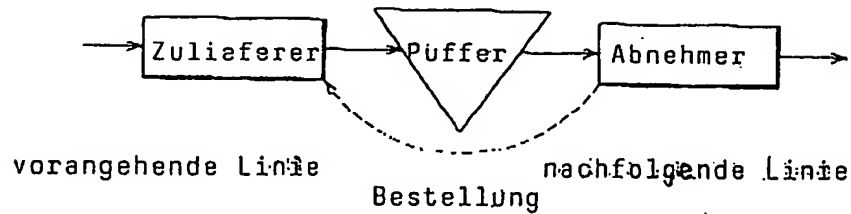


FIG. 2A

Auftrags- nummer	Karosserie- typ	Farbe	Ausstattungs- option
01	B1	C1	T1
02	B1	C2	T1
03	B1	C2	T2
04	B1	C3	T2
05	B2	C3	T3
06	B2	C4	T3
07	B2	C5	T3

FIG. 2B

Fahrzeugiden- tifikations- nummer	Karosserietyp
1	B1
2	B1
3	B1
4	B1
5	B2
6	B2
7	B2

FIG.3

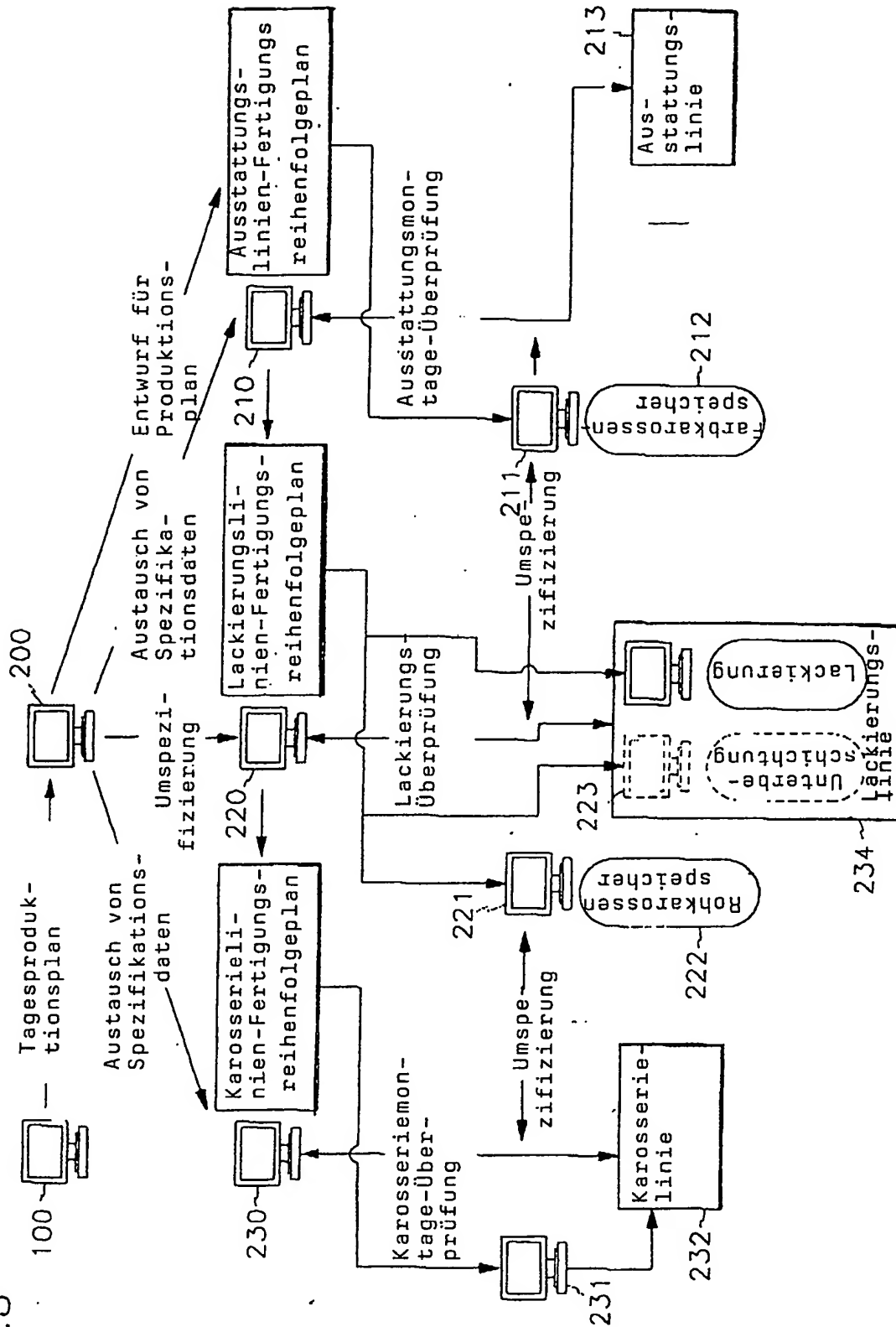




FIG. 4A

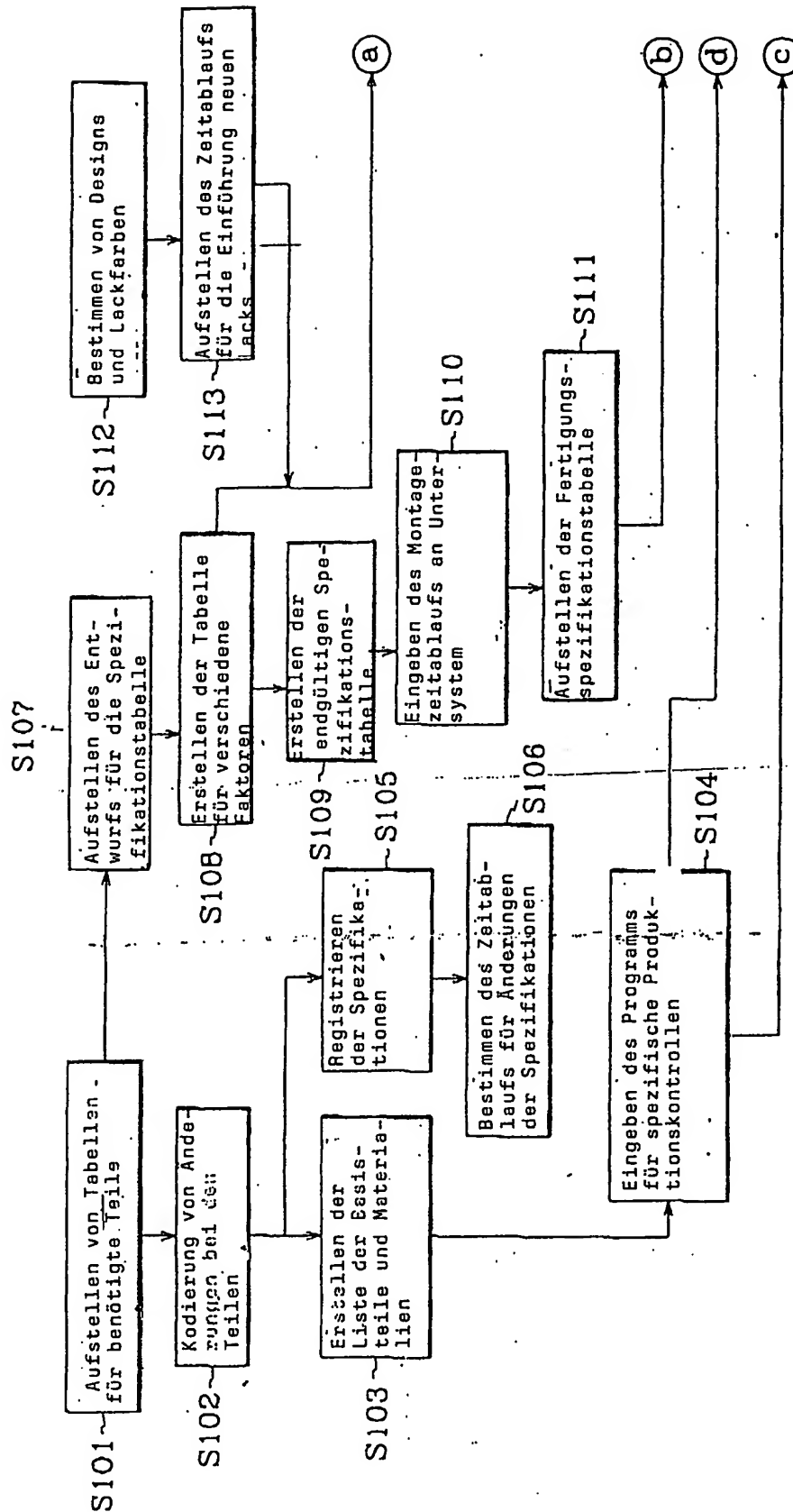


FIG. 4B

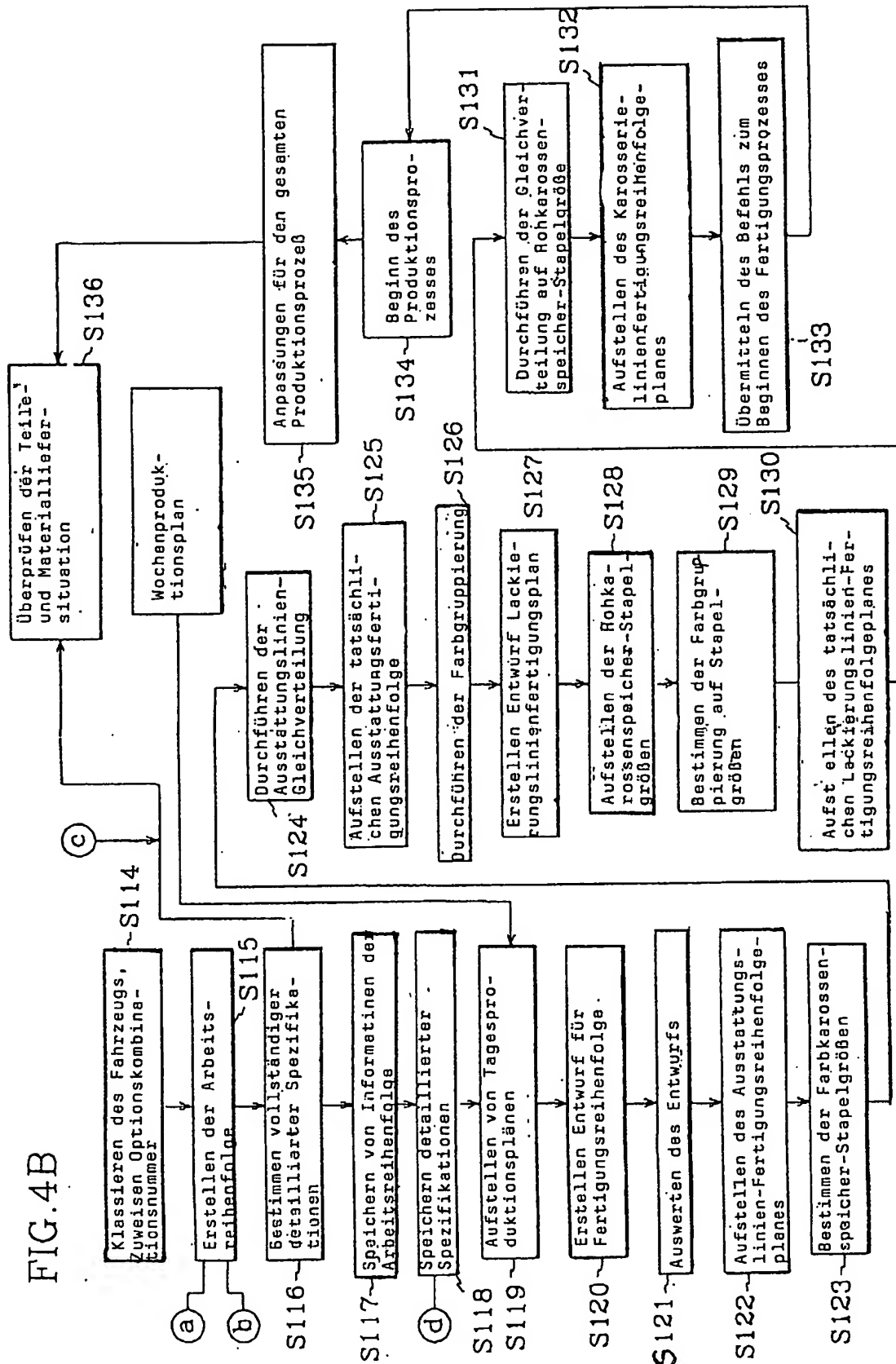


FIG.5

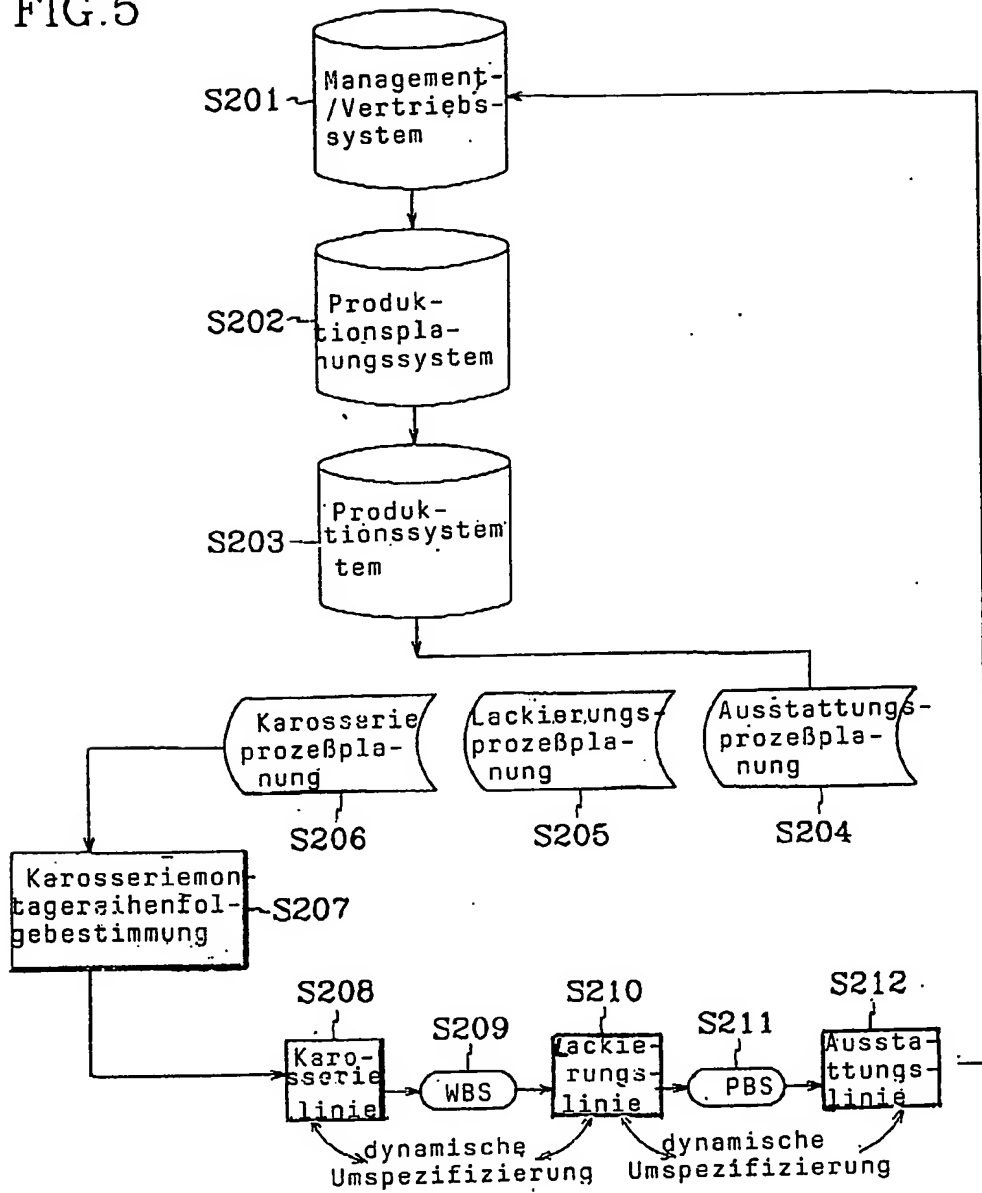
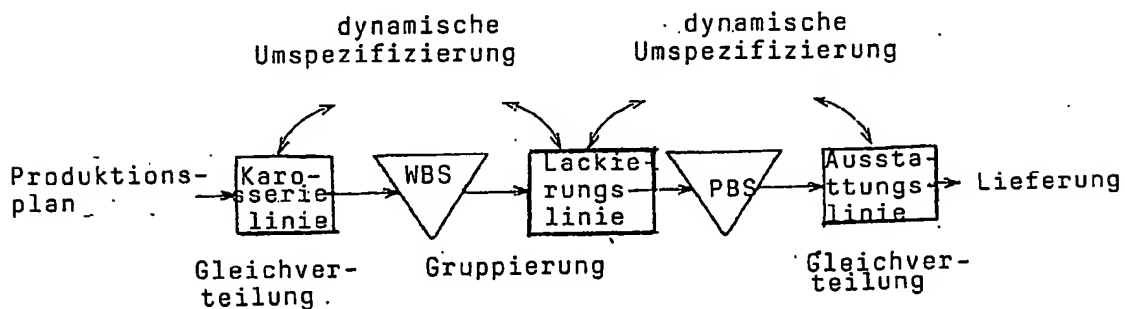


FIG.6



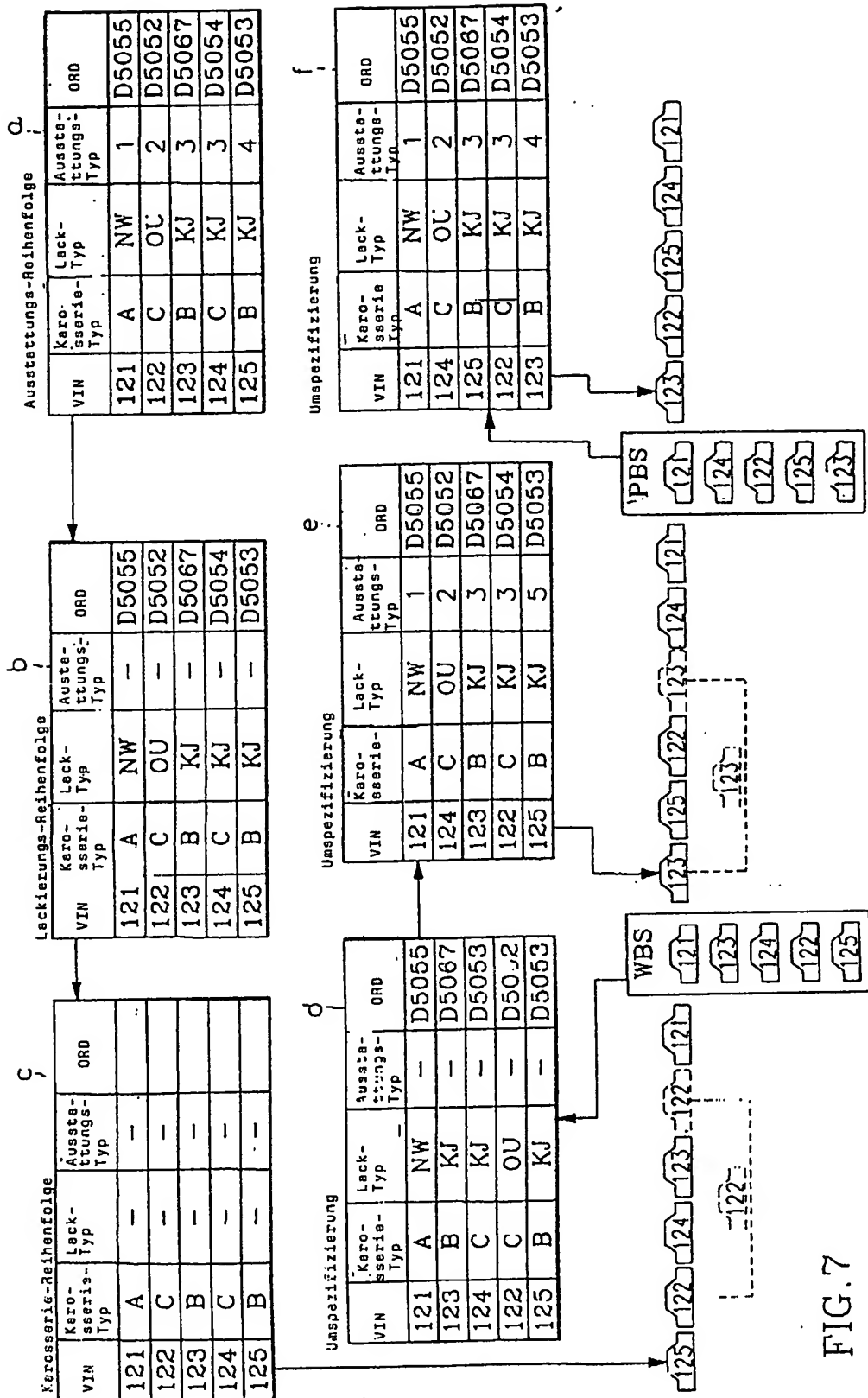


FIG. 8

Verhältnis zwischen geplanter und erreich- ter Reihenfolge	Stand der Tech- nik	Erfindung	Verbesserung
Lackierungslinie	92%	98%	6%
Ausstattungslineie	90%	95%	5%

FIG.9 (Stand der Technik)

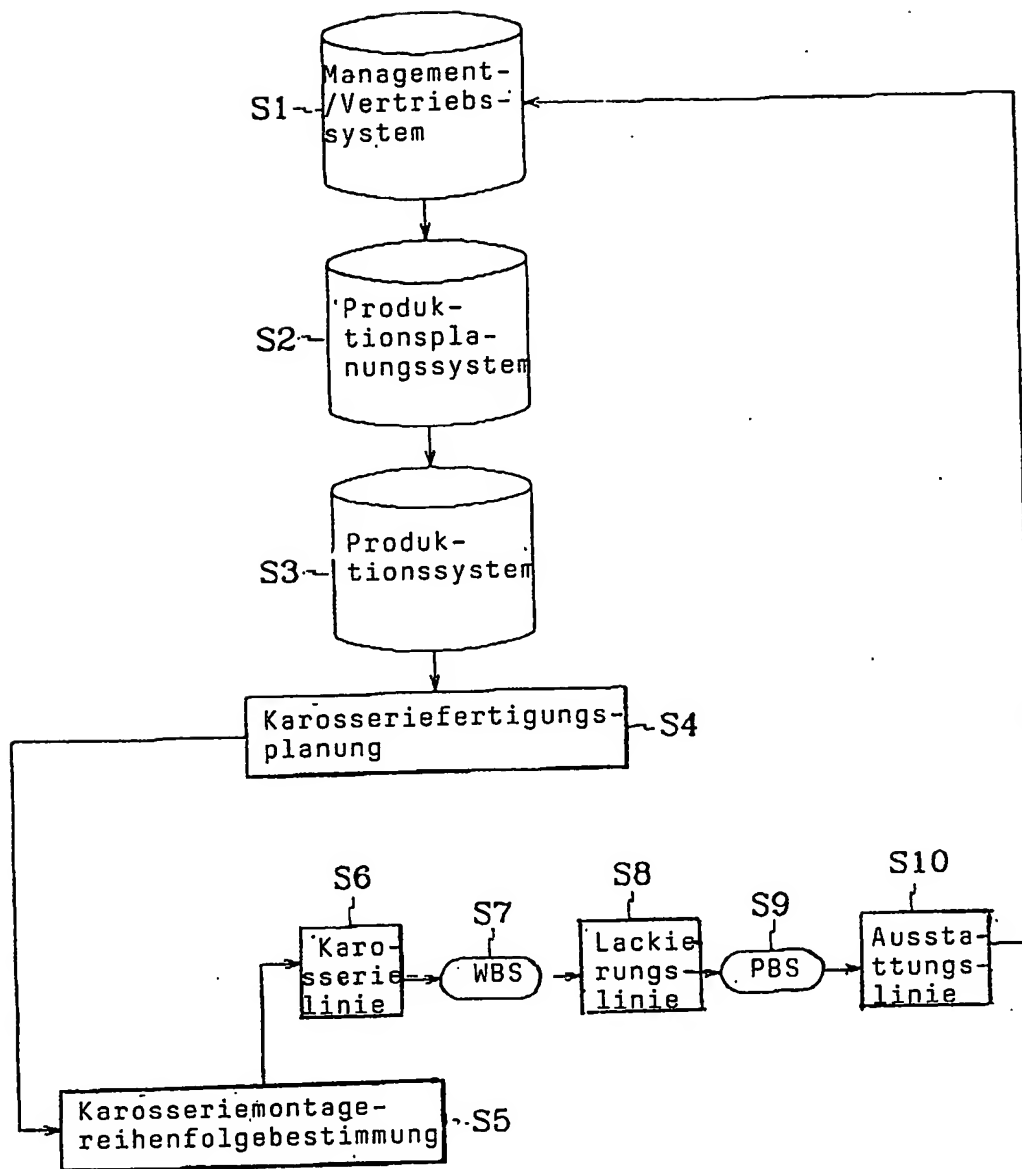
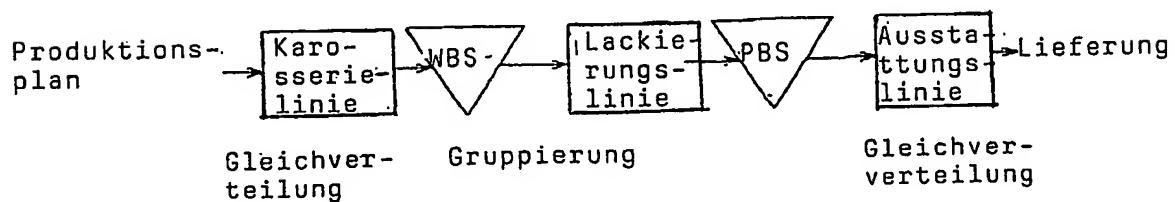


FIG.10 (Stand der Technik)



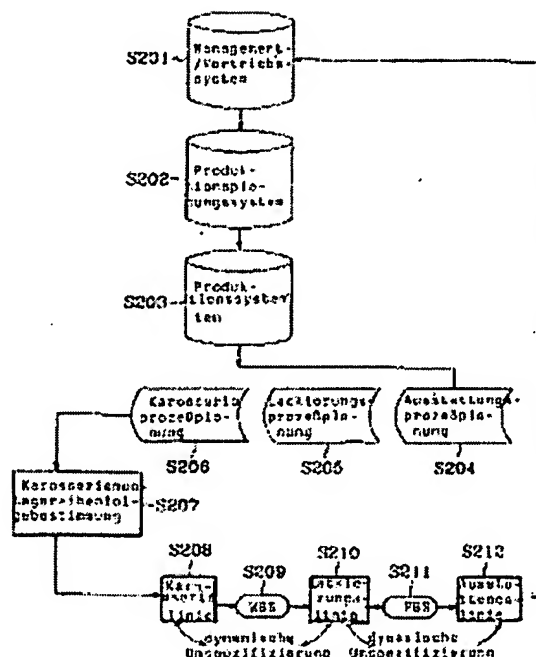


**Patent number:** DE19815619  
**Publication date:** 1999-10-14  
**Inventor:** NAM DONG-KIL (KR)  
**Applicant:** HYUNDAI MOTOR CO LTD (KR)  
**Classification:**  
- international: B62D65/00; B23P21/00  
- european: B23P21/00B; G05B19/418P; G06Q10/00C  
**Application number:** DE19981015619 19980407  
**Priority number(s):** AU19980060688 19980406; BR19980009210 19980408; CN19980106371 19980409; DE19981015619 19980407; JP19980112703 19980408; US19980054072 19980406

US6141598 (A1)  
JP11301540 (A)

## Abstract of DE19815619

A final assembly or trim process is first established and used as basis for a paint process and body assembly process set up. The information on the progress for the three main assembly process is mutually exchanged such that a dynamic re-specification assembly process is utilized, where the operation sequences for each process are continuously adjusted to adopt to the overall assembly process



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide